

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



Biologia do Crescimento da Cavala (*Scomber colias*) na Costa Portuguesa

Ana Carolina Mendes Porfírio

Mestrado em Ecologia Marinha

Dissertação orientada por:

Prof. Doutor Leonel Gordo

Doutora Cristina Nunes

2017

Agradecimentos

Dedico este trabalho à minha família por todo o apoio que sempre me deram que me permitiu chegar hoje à realização deste projeto, de outros passados e futuros.

Agradeço especialmente à Doutora Cristina Nunes e Andreia Silva pelo grande apoio, disponibilidade e orientação ao longo de todos estes meses e pelos seus ensinamentos que me permitiram constituir esse trabalho.

Agradeço imenso à Carmo que me guiou e ensinou em tantas técnicas e horas de laboratório, à Delfina Morais pelos ensinamentos sobre montagem e leitura de otólitos, à Ana Costa e ao Eduardo por toda a simpatia e colaboração.

Um grande agradecimento ao Professor Leonel Gordo, que me deu a oportunidade de desenvolver este projeto e sempre esteve disponível com sábios conselhos e conhecimentos.

Agradeço à professora Isabel Domingos, diretora do mestrado em Ecologia Marinha, pela sua excelente orientação que me permitiu chegar ao projeto de dissertação.

Por fim agradeço a todos os meus amigos e família que nas horas mais cinzentas e cansativas sempre souberam como fazer brilhar o sol outra vez, por me incentivarem e pela amizade permanente.

Resumo

A Cavala (*Scomber colias*) é uma espécie costeira pelágica, de dimensões médias, com ampla distribuição geográfica habitando as águas quentes a temperadas do Atlântico Norte, Mar Mediterrâneo e zonas adjacentes. A sua distribuição em profundidade é muito ampla, podendo atingir os 500 m, e distribui-se ao longo de toda a plataforma continental, talude superior e montes submarinos.

Devido à sua importância comercial é indispensável conhecer e obter regularmente informação biológica sobre a espécie, no entanto, ainda existem poucos estudos relativos às populações desta espécie na Península Ibérica e na zona Atlântica que permitam formalizar a sua avaliação. Este trabalho tem como objetivo principal melhorar o conhecimento sobre a biologia do crescimento da Cavala na costa Oeste de Portugal.

Este trabalho baseou-se numa amostra total foi de 1846 indivíduos de ambos os sexos, recolhidos nas lotas de Peniche (2012) e Matosinhos (2015). A distribuição de comprimentos variou entre as classes de 17 cm e 42 cm, enquanto as idades variaram entre 0 e 7 anos, no conjunto da amostra. Para a validação da periodicidade da deposição dos anéis de crescimento foi analisado o padrão sazonal do tipo de bordo dos otólitos *sagitta*, obtendo-se maioria de bordos opacos nos meses de primavera e verão. Na análise de consistência de leituras de idade entre leitores obteve-se uma concordância de 55,7% e coeficiente de variação de 12,4%.

O primeiro *annulus* apresentou valores médio de raio a variar entre 1.35 mm e 1.59 mm. Os valores de crescimento médio aparentaram valores de desvio-padrão elevados. Estimou-se os parâmetros de regressão da relação peso-comprimento, onde se obteve $q=0.003$ e $b=3.321$ para o conjunto da amostra de Peniche, e $q=0.129$ e $b=2.894$ para o conjunto da amostra de Matosinhos. Não foi possível aplicar o modelo de von Bertalanffy para amostra de Matosinhos. Para a amostra de Peniche foram obtidos os parâmetros de crescimento $L_{\infty}=30.99$ cm, $K=0.76$ ano⁻¹ e $t_0=-1.17$ ano, para o conjunto da amostra.

Palavras- chave

Scomber colias; crescimento; idade; Costa Oeste de Portugal; otólitos *sagitta*.

Abstract

Chub Mackerel (*Scomber colias*) is a pelagic coastal species, of average size, with a broad geographic distribution that inhabits the warm and temperate waters of the North Atlantic, Mediterranean Sea and adjacent areas. This species has a wide distribution in depth, till 500 m, and can be found in all the continental shelf, upper slope and seamounts.

Because of its commercial importance it is indispensable to know and have regular biological information about this species. However, there are still few studies about these populations in the Iberian Peninsula and in the Atlantic area allowing for a formal assessment of its stocks. The main goal of this work is to contribute to the knowledge of the biology of Chub Mackerel (*Scomber colias*) in the West Portuguese coast.

This study was based on a total sample of 1846 fish of both sexes, obtained from the commercial fleet landed in the harbours of Peniche (2012) and Matosinhos (2015). The length range of the fish sampled varies between the classes 17 cm and 42 cm, while the age varies between 0 and 7 years. To validate the periodicity of deposition of the growth rings, the seasonal distribution of the *sagitta* otoliths type of border was analysed, the majority of the opaque zones being found in spring and summer. The age reading comparison between several readers had a concordance of 55.7% and a coefficient variation of 12,4%.

The mean radius of the first age ring in the otoliths varied between 1.35 mm for Matosinhos and 1.59 mm for Peniche, but with relatively high standard deviation values. The weight-length ratio regression parameters for the Peniche sample was $q=0.003$ and $b=3.321$, and for the Matosinhos sample $q=0.129$ and $b=2.894$. It was not possible to adjust a von Bertalanffy model to the Matosinhos sample. The growth parameters of the Peniche samples was $L_{\infty}=30.99$ cm, $K=0.76$ year⁻¹ and $t_0=-1.17$.

Keywords

Scomber colias; growth; age; West Portuguese coast; *sagitta* otoliths.

Índice

<i>Agradecimentos</i>	I
<i>Resumo</i>	II
<i>Palavras- chave</i>	II
<i>Abstract</i>	III
<i>Keywords</i>	III
<i>Índice</i>	IV
<i>Lista de figuras</i>	V
<i>Lista de tabelas</i>	VI
<i>Lista de equações</i>	VI
<i>Abreviaturas, siglas e símbolos</i>	VII
1 – Introdução.....	1
2 – Objetivos.....	7
3 – Metodologia.....	8
3.1 – Local de Estudo e Amostragem.....	8
3.2 – Montagem dos Otólitos de Cavala.....	9
3.3 – Leitura e Análise dos Otólitos.....	10
3.3.1 - Critérios para leitura de idades de Cavala, segundo os resultados obtidos no Workshop de Leitura de Idades de Cavala do ICES, 4 de novembro de 2015, IPMA, Lisboa (ICES, 2015).....	10
3.3.2 – Comparação de Leituras de Idade.....	10
3.3.3 – Medições e Incremento Marginal (IM).....	11
3.4 – Análise dos dados.....	13
4 – Resultados.....	14
4.1 - Análise Descritiva dos Dados.....	14
4.2 - Distribuição de Comprimentos.....	15
4.3 - Relação Peso-Comprimento.....	16
4.4 - Validação da Deposição dos Anéis de Crescimento.....	17
4.4.1- Análise do Padrão Sazonal do Tipo de Bordo.....	17
4.4.2 – Análise do Incremento Marginal (AIM).....	18
4.4.3 - Otólitos <i>Sagitta</i> – Raio do Primeiro <i>Annulus</i>	18
4.5 - Análise de Consistência de Leituras.....	19
4.6 - Estimação de Idade por Leitura Direta dos Otólitos <i>Sagitta</i>	21
4.6.1 - Chaves de Comprimento-Idade.....	21
a) Peniche.....	21
b) Matosinhos.....	22
4.6.2 - Comprimento Médio à Idade.....	23
a) Peniche.....	23
b) Matosinhos.....	24
4.7 - Modelo de von Bertalanffy.....	25
5 – Discussão.....	27
6 - Referências Bibliográficas.....	30

Lista de figuras

Figura 1.1 – Cavala (<i>Scomber colias</i>).....	1
Figura 1.2 – Mapa de distribuição da Cavala (<i>Scomber colias</i>).....	2
Figura 1.3 – Desembarques de 1958 a 2010 – Cavala (<i>Scomber colias</i>) vs Sardinha (<i>Sardina pilchardus</i>).....	4
Figura 2.1 – Área de estudo.....	8
Figura 3.1 – Áreas do otólito.....	10
Figura 3.2 – Medições preliminares.....	12
Figura 3.3 – Medições finais.....	12
Figura 4.1 - Distribuição de comprimentos.....	15
Figura 4.2 – Relação peso-comprimento.....	16
Figura 4.3 – Bordo do otólito a) Peniche..... b) Matosinhos.....	17 17
Figura 4.4 – Análise do Incremento Marginal (AIM) a) Idade 1..... b) Idade 2 e 3.....	18 18
Figura 4.5 - Idade de cada leitor +/- 2 desvios-padrão e idade modal.....	19
Figura 4.6 – Fotografias de otólitos.....	20
Figura 4.7 – Comprimento médio (Peniche).....	23
Figura 4.8 - Comprimento médio (Matosinhos).....	24
Figura 4.9 – Modelo de von Bertalanffy.....	26

Lista de tabelas

Tabela 1.1 – Desembarques.....	5
Tabela 2.1 – Amostras.....	9
Tabela 4.1 – Parâmetros de regressão da relação peso-comprimento.....	16
Tabela 4.2 – Raio médio do primeiro <i>annulus</i>	18
Tabela 4.3 – Concordância de leituras entre leitores.....	19
Tabela 4.4 - Chaves de comprimento-idade (Peniche).....	21
Tabela 4.5 - Chaves de comprimento-idade (Matosinhos).....	22
Tabela 4.6 – Comprimento médio (Peniche).....	24
Tabela 4.7 – Comprimento médio (Matosinhos)	25
Tabela 4.8 – Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy.....	26

Lista de equações

Equação 3.1 – Concordância dos leitores.....	11
Equação 3.2 – Coeficiente de variação.....	11
Equação 3.3 - Análise do Incremento Marginal (AIM).....	11
Equação 3.4 – Relação peso-comprimento.....	13
Equação 3.5 – Modelo de von Bertalanffy.....	13

Abreviaturas, siglas e símbolos

%C – percentagem de concordância

× - sem dados

A – *annulus* do otólito

AIM – Análise do Incremento Marginal

b – coeficiente de alometria

Bias – desvio relativo (“–“ – nenhum; * - pouco; ** - muito)

cm – centímetro

CV – coeficiente de variação

df – graus de liberdade

DGRM – Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos

dp – desvio-padrão

et al. – entre outros, isto é, outros autores

F – fêmeas

FAO – Food and Agriculture Organization

g – grama

H₀ – hipótese nula

ICES - International Council for the Exploration of the Sea

IM – Incremento Marginal

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

K – coeficiente de crescimento corporal, em ano⁻¹

L - limite/bordo do otólito

L_∞ - comprimento assintótico, em cm

L_t – comprimento total, pode surgir apresentado em classes devidamente identificado

M – machos

m – valores médios

MAT – Matosinhos

mm – milímetro

N – núcleo do otólito

n – número/frequência de indivíduos

n Otólitos – número/frequência de otólitos

PEN – Peniche

PNAB – Plano Nacional de Amostragem Biológica

q – fator de condição

R1 – raio do primeiro *annulus* (1 ano)

R² – coeficiente de determinação/correlação

Ref. – referência

Rn – raio do último *annulus*

Rt – raio total do otólito

S. – *Scomber*

T; F+M – conjunto da amostra

t₀ – idade teórica correspondente ao comprimento igual a 0, em anos

W – peso

WKARCM – Workshop on Age reading of Chub Mackerel (*Scomber colias*)

W_t – peso total

φ' – índice de performance de crescimento

χ² – qui-quadrado

1 - Introdução

A espécie em estudo neste trabalho (*Scomber colias*) pertence ao reino Animalia, filo Chordata, classe Actinopterygii, ordem Perciformes, família Scombridae, género *Scomber*, espécie *Scomber colias*, tendo em Portugal o nome comum de Cavala (FAO, 2000). O género *Scomber* inclui ainda as espécies *Scomber scombrus*, *Scomber japonicus* e *Scomber australasicus* (Infante *et al.*, 2007, Catanese *et al.*, 2010).

Ao longo deste trabalho a espécie em estudo (Figura 1.1) será referida pelo respetivo nome comum e as restantes do género *Scomber* serão referidas pelo respetivo nome científico (*S. scombrus*, *S. japonicus* e *S. australasicus*).

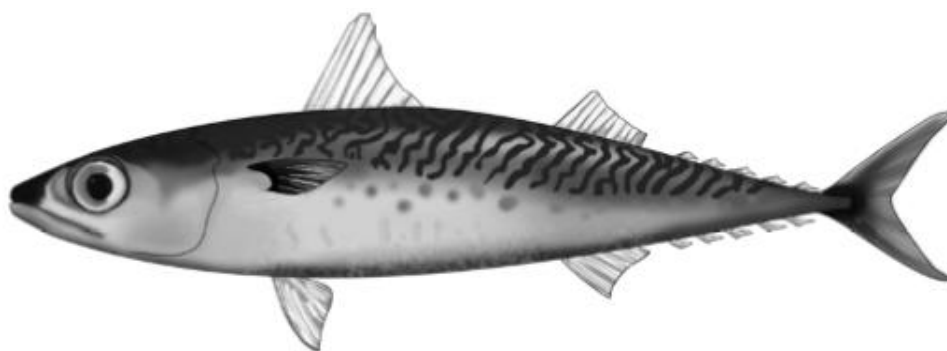


Figura 1.1 – **Cavala** (*Scomber colias*) - Ilustração de uma Cavala (*Scomber colias*), capturada nas Ilhas da Madeira, com 23 cm (Fonte: imagem elaborada por Vasconcelos *et al.*, 2011).

A Cavala é uma espécie costeira pelágica, de dimensões médias, com ampla distribuição geográfica habitando as águas quentes a temperadas do Atlântico Norte, Mar Mediterrâneo e zonas adjacentes (Cikeš Keč e Zorica, 2012; Infante *et al.*, 2007). Em Portugal, distribui-se por toda a costa continental, bem como nas águas costeiras dos arquipélagos dos Açores e Madeira (Martins *et al.*, 2013; Vasconcelos *et al.*, 2012; Perrota *et al.*, 2005).

No passado, a Cavala foi usualmente descrita sob a designação de *Scomber japonicus*, mas estudos recentes sobre a sua genética mitocondrial demonstraram a existência de duas espécies distintas: *S. colias* e *S. japonicus*, habitando a primeira no Oceano Atlântico e a segunda nos Oceanos Pacífico e Índico (Infante *et al.*, 2007; Catanese *et al.*, 2010; Vasconcelos *et al.*, 2011) (Figura 1.2).

S. australasicus, por seu lado, distribui-se por todo o Oceano Índico e no Pacífico Oeste enquanto *S. scombrus* habita toda a área do Atlântico Norte até Marrocos, Mar Mediterrâneo, Mar Negro, Mar Báltico Ocidental, Cabo Verde e toda a costa norte de África (Martins, 1998). Em Portugal *S. scombrus* partilha a área geográfica com a Cavala sendo designada pelo nome comum de Sarda.

A distribuição da Cavala em profundidade é muito ampla, estando relacionada com a disponibilidade de alimento e a fase do ciclo de vida. Diferentes estudos referem a ocorrência de Cavala a profundidades máximas de 300 e 550 m (Kiparissis *et al.*, 2000; Cikeš Keč e Zorica, 2012; Martins e Cardador, 1996) com distribuição ao longo de toda a plataforma continental, no talude superior bem como em montes submarinos (Martins *et al.*, 2013).

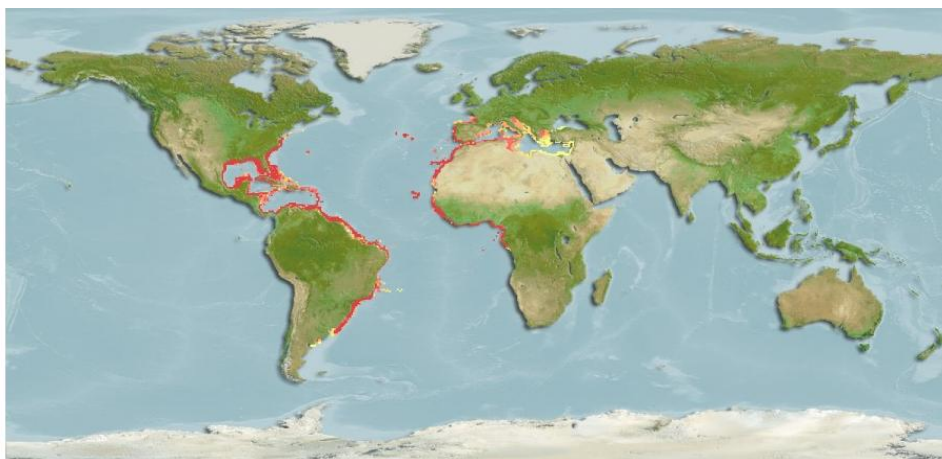


Figura 1.2 – **Mapa da distribuição da Cavala (*Scomber colias*)** – Mapa com a distribuição geográfica da Cavala (*Scomber colias*) (Fonte: mapa retirado de <http://www.fishbase.se/summary/Scomber-colias.html>).

Na época de desova os adultos migram das águas frias mais profundas do talude superior e ao largo da plataforma continental, para as águas quentes e temperadas junto à costa onde a temperatura e alimento disponível, nomeadamente fitoplâncton e microzooplâncton, são mais propícios à sobrevivência e ao desenvolvimento das larvas (Hunter e Kimbell, 1980). Nas zonas costeiras, quando os juvenis atingem a idade de primeira maturação seguem os adultos que terminaram a época de reprodução para as áreas de alimentação nas águas profundas do talude superior e plataforma continental. Estas constituem zonas de alimentação e de recuperação pós-desova para os indivíduos nas fases do ciclo de vida mais avançadas uma vez que aqui encontram uma maior disponibilidade de macrozooplâncton e de peixes adultos para se alimentarem (Perrota *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2002).

Devido às semelhanças morfológicas entre a Sarda e a Cavala e à sua partilha de área geográfica, estas ao serem muitas vezes capturadas em conjunto são confundidas e vendidas como se tratasse de uma mesma espécie. No entanto, para além das diferenças genéticas, existem diferenças morfológicas que permitem distinguir as espécies. A nível interno, a principal diferença é a ausência de bexiga-gasosa na Sarda. A nível externo estas espécies podem distinguir-se pela distância entre o fim da primeira barbatana dorsal e o início da segunda barbatana dorsal a qual, na Sarda, é maior do que o comprimento da primeira barbatana dorsal enquanto na Cavala, é igual ou menor do que este. A Cavala é ainda facilmente distinguível pela presença de uma zona translúcida na cabeça entre os olhos bem como de pequenas e numerosas manchas escuras abaixo das listas do dorso (FAO, 2000; Sanches, 1992).

Portanto, os principais aspetos fisionómicos que caracterizam a Cavala são a presença de 8 a 10 raios espinhosos na primeira barbatana dorsal, de duas cristas de cada lado do pedúnculo caudal, o dorso cinzento-azulado com listas em forma de “V”, abaixo das quais existem numerosas e pequenas manchas escuras, sendo translúcida a zona da cabeça situada entre os olhos. Estas duas últimas características são as que mais facilmente permitem distinguir a Cavala da Sarda (Sanches, 1992).

A Cavala é um peixe euritermal, ou seja, consegue tolerar grandes amplitudes térmicas, e ectotermal, o que significa que não possui mecanismos fisiológicos de termorregulação corporal. Esta espécie, de forma a evitar temperaturas demasiado baixas ou elevadas no seu habitat, desenvolveu duas adaptações principais: uma grande tolerância fisiológica a temperaturas altas e baixas, que podem variar entre 5°C e 30°C, e capacidades locomotórias e de sensibilidade termal que lhe permitem detetar

e evitar locais com temperaturas desfavoráveis, termorregulando-se pelo comportamento (Schaefer, 1986).

A taxa de crescimento desta espécie depende principalmente da intensidade de alimentação e da temperatura do meio, apresentando flutuações no tempo e entre diferentes locais. O crescimento varia ao longo do ano, sendo mais rápido nos meses quentes e lento nos meses frios (Carvalho *et al.*, 2002). Relativamente ao ciclo de vida, é comum a todas as populações a taxa de crescimento ser máxima no primeiro ano de vida, baixando depois rapidamente quando atinge a idade de primeira maturação, e a maior parte da energia corporal passa a ser utilizada para a reprodução (Lorenzo *et al.*, 1995). No arquipélago dos Açores estimou-se que no primeiro e segundo ano de vida os indivíduos atingiam respetivamente 32.9% e 47.5% do tamanho máximo (Carvalho *et al.*, 2002) e no arquipélago da Madeira 40.14% no primeiro ano (Vasconcelos *et al.*, 2011). No Golfo de Cádiz, o crescimento no primeiro ano foi estimado em cerca de 50% do valor máximo, no Mar de Alborán cerca de 59% (Velasco *et al.*, 2011) e nas Ilhas Canárias 40% (Lorenzo *et al.*, 1995).

A idade e comprimento máximos relacionam-se com a taxa de crescimento sendo, por sua vez, também muito variáveis. No arquipélago dos Açores registaram-se indivíduos com 53 cm de comprimento total, 2000g de peso e 13 anos de idade (Carvalho *et al.*, 2002) e no arquipélago da Madeira foi encontrado um indivíduo com 4 anos de idade e 41 cm de comprimento total (Vasconcelos *et al.*, 2011). Nas ilhas Canárias foram encontrados indivíduos com 7 anos e cerca de 47 cm de comprimento total (Lorenzo *et al.*, 1995). Velasco *et al.*, (2011) encontrou, no mar de Alborán, indivíduos com 40 cm de comprimento e idade máxima de 6 anos e, no Golfo de Cádiz, um comprimento de 43 cm e 7 anos de idade. Os valores máximos reportados na literatura correspondem a um indivíduo encontrado no Golfo de Cádiz por Navarro *et al.*, (2012) com 20 anos e 65 cm, 2900 g.

A Cavala é um peixe ovíparo, com sexos separados, que se reproduz várias vezes ao longo da sua vida, e que emite vários grupos de óvulos sucessivamente ao longo de cada época de desova. Tem o desenvolvimento do ovário assíncrono, o que significa que nos ovários das fêmeas maduras ativas existem oócitos em todas as fases de maturação que são recrutados várias vezes durante a época de reprodução (Lubzens *et al.*, 2009).

A idade de primeira maturação é a idade em que o indivíduo atinge a maturação sexual e se reproduz pela primeira vez na vida, passando de virgem ou imaturo a adulto ou maturo. A idade de primeira maturação e época de reprodução estão relacionadas com fatores ecológicos, incluindo a pressão humana por pesca, pelo que variam entre locais e anos (Carvalho *et al.*, 2002). No Mar Egeu, a época de desova tem lugar no período de abril a agosto (Cengiz *et al.*, 2012), nas Ilhas Canárias ocorre mais tarde no outono e inverno (Lorenzo *et al.*, 1995) e no arquipélago dos Açores durante 3 a 5 meses de março a agosto (primavera a verão) (Carvalho *et al.*, 2002).

Esta é uma espécie-chave nas cadeias tróficas dos ecossistemas do Oceano Atlântico e Mar Mediterrâneo por se alimentar principalmente de zooplâncton nas fases mais sensíveis do ciclo de vida e por constituir um elemento essencial na dieta de grandes peixes pelágicos (atum, espadarte, tubarões) e mamíferos marinhos (golfinhos e focas) (Velasco *et al.*, 2011; Zardoya *et al.*, 2004). Os grupos de zooplâncton mais encontrados nos conteúdos estomacais desta espécie são Copépodes, Mísídeos e larvas de peixe (Castro, 1993; Fátima *et al.*, 2015).

A Cavala mostra preferência por diferentes presas ao longo das várias fases da vida e das épocas do ano. Nas Ilhas Canárias, Castro (1993) observou que nos conteúdos estomacais dos indivíduos imaturos os Mísídeos e Copépodes eram mais abundantes, enquanto que nos adultos mais jovens predominavam pequenos peixes e larvas e nos adultos mais velhos, peixes e Mísídeos. Esta alteração

na dieta, de pequenos peixes, para Copépodes e Misídeos e depois para Misídeos e peixes, são consequência das duas mudanças de habitat durante o ciclo de vida e das necessidades energéticas associadas ao crescimento e reprodução. A primeira mudança de habitat ocorre durante a passagem de imaturos para maturos, em que é realizada a migração de zonas costeiras para o largo em águas mais profundas; a segunda mudança de habitat ocorre na época de desova, quando os adultos, que vivem mais ao largo e ocasionalmente se deslocam para mais próximo da costa, sendo que a primeira vez que isso ocorre é quando os imaturos são recrutados para o *stock* de adultos (Castro, 1993; Hunter and Kimbell, 1980; Perrota *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2002).

Nas ilhas Canárias foi também observado que, nos meses frios, entre dezembro e maio, o principal conteúdo estomacal em todas as classes de comprimento, foram peixes (Castro, 1993). No entanto, num estudo conduzido por Fátima *et al.*, (2015) na costa Noroeste Atlântica de África, para a mesma época predominaram os Copépodes e pequenos crustáceos, enquanto nos meses quentes predominaram os peixes e Copépodes. Esta diferença sazonal e espacial na composição de presas na dieta da Cavala resulta principalmente da disponibilidade de cada grupo de organismos ao longo do ano e dos habitats (Fátima *et al.*, 2015).

A Cavala, enquanto espécie omnívora partilha recursos alimentares com muitas outras espécies, incluindo outras comercialmente igualmente importantes em Portugal. Para além disso a sua biologia e predação sobre pequenos peixes pelágicos, especialmente larvas, combinada com eventos hidroclimáticos, tem efeito sobre as flutuações populacionais de outras espécies, tais como a Sarda, a Sardinha e o Carapau, e deve ser mais investigada (Fátima *et al.*, 2015; Martins *et al.*, 2013). Efetivamente, Martins *et al.* (2013) observou na costa Portuguesa que a Cavala intercalava em abundância com *Sardina pilchardus* (Sardinha). Esta relação foi associada à competição por alimento (Zooplâncton), à predação de larvas e juvenis de Sardinha pela Cavala e às alterações climáticas, uma vez que o aumento da temperatura cria condições favoráveis à desova da Cavala mas inibe este processo na Sardinha (Figura 1.3).

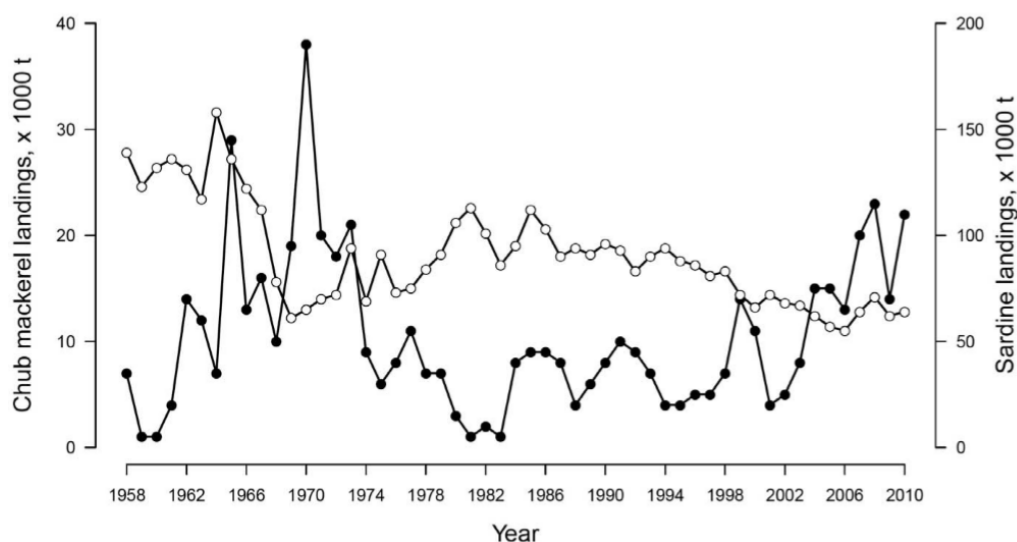


Figura 1.3 – Desembarques de 1958 a 2010 – Cavala (*Scomber colias*) vs Sardinha (*Sardina pilchardus*) - Desembarques históricos da Cavala (*Scomber colias*) (círculos pretos) e da Sardinha (*Sardina pilchardus*) (círculos brancos) em Portugal (Fonte: gráfico elaborado por Martins *et al.*, 2013).

No Atlântico Nordeste, a Cavala é uma espécie explorada comercialmente por toda a costa Ibérica, Norte de África e Mar Mediterrâneo (Velasco *et al.*, 2011). A sua ampla distribuição ao longo da plataforma continental e em profundidade tornam-na uma espécie de interesse para diferentes

pescarias. Trata-se de uma das espécies com maior interesse comercial nas ilhas Canárias, Mar Mediterrâneo e Mar Negro (Lorenzo *et al.*, 1995; Kiparissis *et al.*, 2000) e na costa marroquina existe uma frota de arrasto nacional e internacional dirigida à sua exploração (Velasco *et al.*, 2011). Na costa continental de Portugal a Cavala é uma das principais espécies capturadas (Tabela 1.1), no arquipélago dos Açores ela é usada como espécie-alvo da pesca artesanal bem como isco para a captura de atuns (Carvalho *et al.*, 2002). No arquipélago da Madeira esta espécie juntamente com *Trachurus trachurus* (Carapau) e *Boops boops* (Boga) é alvo de pesca tradicional realizada por uma pequena frota de cerco (Vasconcelos *et al.*, 2011).

Tabela 1.1 – **Desembarques** – Estimativas da variação de desembarques das principais espécies na costa continental de Portugal, em toneladas, de janeiro a dezembro, dos anos 2014, 2015 e 2016 (Fonte: Tabela retirada de DGRM, 2016).

ESPÉCIES GRUPOS DE ESPÉCIES	2014	2015	2016	VARIAÇÃO (%)	
				(15-14)	(16-15)
CAVALA	29 182,9	45 970,1	27 581,5	57,5	-40,0
CARAPAU	15 159,9	20 117,1	20 246,6	32,7	0,6
SARDINHA	16 034,7	13 777,3	13 697,5	-14,1	-0,6
POLVOS	10 661,3	7 675,0	10 568,1	-28,0	37,7
BIQUEIRÃO	817,5	2 546,1	6 936,6	211,4	172,4
CARAPAU NEGRÃO	2 014,5	2 429,1	3 521,4	20,6	45,0
ESPADA PRETO	2 109,0	2 526,8	2 456,0	19,8	-2,8
BERBIGÃO	2 211,3	4 963,2	2 312,7	124,4	-53,4
PESCADA	2 374,2	2 001,0	1 972,8	-15,7	-1,4
FANCA	2 034,6	2 161,3	1 788,5	6,2	-17,2
VERDINHO	1 303,8	1 429,8	1 550,7	9,7	8,5
ESPARÍDEOS DIVERSOS	875,7	1 135,3	1 422,1	29,7	25,3
CHOCO	1 256,0	1 274,2	1 290,6	1,4	1,3
RAIAS	1 017,6	1 015,2	1 029,1	-0,2	1,4
AMÉLIOAS	1 643,5	1 649,8	1 026,6	0,4	-37,8

Em Portugal, a Cavala é maioritariamente (cerca de 70% dos desembarques totais) capturada pela frota de cerco, cuja espécie alvo é a Sardinha e por palangre, rede de emalhar e rede de tresmalho (cerca de 26% dos desembarques totais) e a restante percentagem por redes de arrasto (DGRM, 2016). Os desembarques desta espécie não são regulamentados. No entanto, a Cavala tem tamanho mínimo de captura e é sujeita a uma série de medidas técnicas aplicáveis à frota de cerco e à frota polivalente. O tamanho mínimo de desembarque é 20 cm, correspondendo ao comprimento com que a maioria dos peixes se começa a reproduzir. Alguns estudos indicam que esta espécie é frequentemente rejeitada nas artes de arrasto de peixe, cerco e redes de tresmalho (Gonçalves *et al.*, 2008; Borges *et al.*, 2001). Os valores rejeitados anualmente não estão incluídos nos dados oficiais, pelo que os valores reais da captura podem ser bastante mais elevados que os desembarques reportados. Devido à partilha de recursos e de área geográfica com outras espécies de interesse comercial, a Cavala é muitas vezes capturada acidentalmente como pesca acessória, incluindo indivíduos abaixo do tamanho mínimo permitido por lei. No Senegal esta espécie é muitas vezes capturada acessoriamente na pesca artesanal (Velasco *et al.*, 2011) e no arquipélago dos Açores na pesca de palangre demersal dirigida a grandes peixes pelágicos (Carvalho *et al.*, 2002).

Nos estudos de idade e crescimento dos peixes teleósteos são usados os pares de otólitos *sagitta*, onde é lido o número de anéis sazonais, anuais ou diários (Volpedo e Santos, 2015). De uma maneira geral, o estudo de anéis anuais nos otólitos é relativamente bem aplicado a peixes adultos de ambientes temperados, pois as alterações sazonais são bem marcadas e refletem-se na existência de bandas opacas e translúcidas nos otólitos as quais, correspondem a um ano de vida do peixe. Ao conjunto formado por um anel opaco e um anel translúcido, o primeiro formado na primavera-verão e o último

durante o outono-inverno, designa-se de *annulus*. As áreas translúcidas são constituídas por materiais orgânicos e as opacas são dominadas por carbonato de cálcio. O mecanismo fisiológico responsável pela deposição dos *annuli* é pouco claro, mas sabe-se que a deposição é afetada por fatores genéticos, pela frequência alimentar e pelo fotoperíodo, fatores que contribuem para a incerteza na determinação das idades (Campana e Neilson, 1985). Beckman e Wilson (1995) referem também que as condições de iluminação, ampliação e a variabilidade de interpretação dos investigadores são também fontes de dificuldades na correta identificação dos *annuli* e na interpretação das zonas translúcidas e opacas. Relativamente aos otólitos de Cavala, o seu padrão irregular e a frequente formação de anéis falsos tornam muitas vezes a estimativa de idades subjetiva entre leitores e resulta na subestimação de idades nos indivíduos mais velhos (Shiraishi *et al.*, 2008).

Na Baía de Biscaia é mais comum a formação de um anel falso no segundo *annulus*, e no Mediterrâneo em alguns anos e dependendo das condições ambientais, estes observam-se com a mesma frequência nos dois primeiros anéis de idade, especialmente no verão (ICES, 2015). No Mar Mediterrâneo, em águas da Catalunha, foi observado por Perrota *et al.* (2005), predominância de bordo opaco nos meses de abril a julho e translúcido principalmente em dezembro. No Oceano Atlântico, o bordo opaco predominou de março a setembro nas Ilhas Canárias (Lorenzo *et al.*, 1995), de março a agosto nas Ilhas da Madeira (Vasconcelos *et al.*, 2011) e de maio a setembro nas Ilhas dos Açores (Carvalho *et al.*, 2002). Já o bordo translúcido foi observado nas Ilhas Canárias maioritariamente de outubro a fevereiro (Lorenzo *et al.*, 1995), nas Ilhas da Madeira de setembro a fevereiro (Vasconcelos *et al.*, 2011) e nas Ilhas dos Açores de novembro a abril (Carvalho *et al.*, 2002).

A determinação da idade dos peixes providencia dados essenciais para a avaliação e gestão eficiente dos *stocks* de pesca. Estes dados quando são relacionados com informação sobre o estado dos recursos naturais e dados de capturas, permitem observar e estimar padrões sobre a evolução das populações e medidas para a sua conservação (Shiraishi *et al.*, 2008). Desta forma, o estudo do crescimento realizado neste trabalho, ao acrescentar conhecimento sobre os padrões de crescimento e estrutura de idades da Cavala na costa oeste portuguesa, vem contribuir para o conhecimento formal e futura gestão deste importante recurso de pesca.

2 – Objetivos

Devido à sua importância comercial é indispensável conhecer e obter regularmente informação biológica sobre a espécie, nomeadamente, sobre o seu ciclo de reprodução e crescimento, para que possa ser feita uma gestão eficiente da população e do *stock* de pesca. No entanto, ainda existem poucos estudos relativos às populações desta espécie na Península Ibérica e na zona Atlântica que permitam formalizar a sua avaliação.

Este trabalho tem como objetivo principal melhorar o conhecimento sobre a biologia do crescimento da Cavala na costa Oeste de Portugal de forma a fornecer informação científica adequada para uma futura avaliação do *stock* deste recurso pesqueiro. Com esse objetivo será feita a validação do primeiro anel anual, a descrição do padrão sazonal do tipo de bordo e o estudo do padrão de crescimento anual.

Pretende-se verificar a existência de um padrão anual de crescimento com base na análise da otolimetria por verificação do tipo do tipo de bordo, opaco ou translúcido, ao longo do ano, bem como a obtenção de uma medida de referência para ajudar à atribuição do primeiro anel de crescimento anual. De forma a estudar o padrão de crescimento, serão elaboradas chaves de comprimento/idade, estimados os parâmetros de crescimento segundo o modelo de von Bertalanffy e comparados com estudos anteriores.

3 – Metodologia

3.1 – Local de Estudo e Amostragem:

Os indivíduos examinados neste trabalho foram recolhidos nas lotas de Peniche (2012) e Matosinhos (2015) com uma frequência preferencialmente mensal (Figura 2.1).

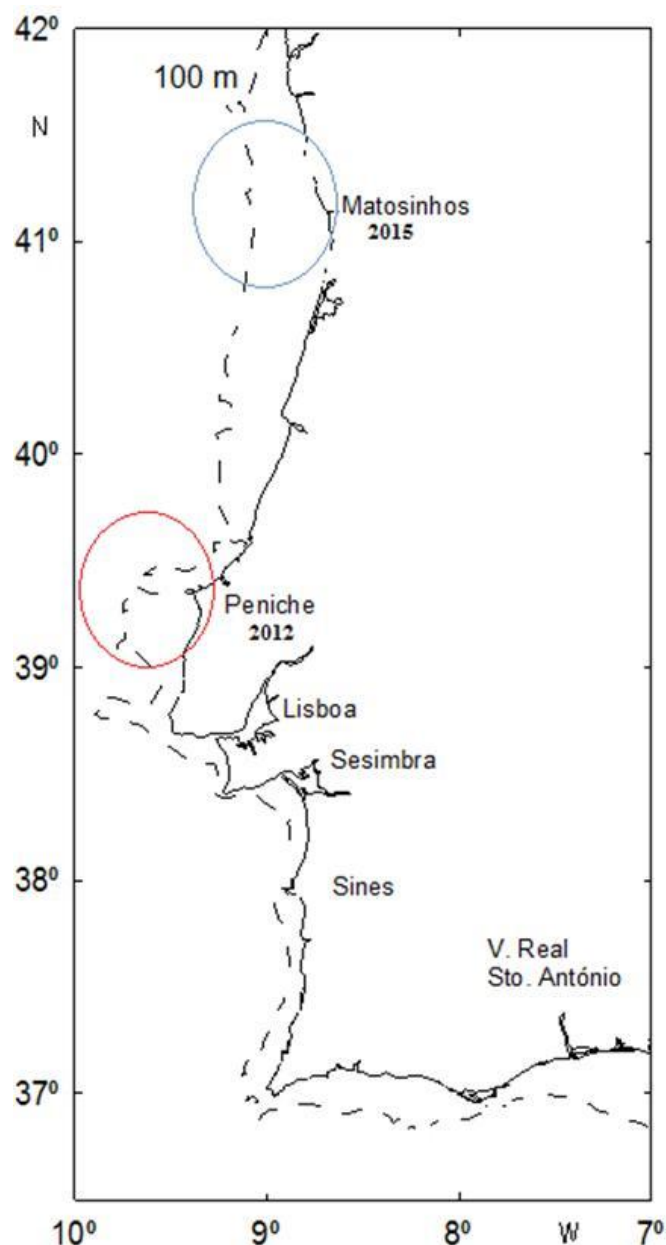


Figura 2.1 – **Área de estudo** - Mapa representativo das zonas de amostragem da Cavala (*Scomber colias*). A lista detalhada das amostras, com respetivos portos de desembarque, data, arte de pesca, embarcação, intervalo e comprimento das amostras, número de indivíduos e otólitos recolhidos pode ser consultada na Tabela 2.1.

As capturas foram provenientes de pescarias com as artes de pesca cerco, tresmalho, arrasto de fundo, rede de emalhar, rede de emalhar fundeada e anzol. A lista detalhada das amostras, com data, local de recolha, embarcação, arte de pesca, intervalo de comprimentos, número de indivíduos e otólitos recolhidos pode ser consultada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – **Amostras** - Lista detalhada das amostras, com data de captura, porto de desembarque das amostras (PD) (PEN: Peniche; MAT: Matosinhos) e respetiva arte de captura (Arte), gama de comprimentos dos peixes da amostra (Lt), número de indivíduos capturados (n) e número de otólitos recolhidos (n Otólitos).

Data	PD	Arte	Lt (cm)	n	n Otólitos
27-01-2012	PEN	Arrasto de Fundo	26-35	61	43
10-02-2012	PEN	Tresmalho	31-42	36	26
14-02-2012	PEN	Arrasto de Fundo	25-35	37	4
08-03-2012	PEN	Tresmalho	28-38	45	45
15-03-2012	PEN	Tresmalho	26-34	64	4
29-03-2012	PEN	Cerco	32-39	57	39
26-04-2012	PEN	Arrasto de Fundo	24-33	58	46
09-05-2012	PEN	Rede de Emalhar	25-39	52	36
29-05-2012	PEN	Rede de Emalhar	33-38	28	16
04-06-2012	PEN	Anzol	33-40	23	23
15-06-2012	PEN	Anzol	33-41	28	10
31-07-2012	PEN	Cerco	22-34	120	83
13-08-2012	PEN	Rede de Emalhar	30-39	34	31
03-09-2012	PEN	Anzol	34-40	24	24
04-09-2012	PEN	Cerco	17-26	69	37
04-10-2012	PEN	Rede de Emalhar	20-35	59	47
13-11-2012	PEN	Arrasto de Fundo	18-27	82	26
20-11-2012	PEN	Arrasto de Fundo	25-33	54	27
07-12-2012	PEN	Tresmalho	29-40	35	3
22-01-2015	MAT	Arrasto de Fundo	28-36	91	61
19-02-2015	MAT	Arrasto de Fundo	27-38	101	17
13-05-2015	MAT	Cerco	25-37	98	60
02-07-2015	MAT	Cerco	26-34	167	48
14-08-2015	MAT	Cerco	26-32	100	9
17-09-2015	MAT	Cerco	27-36	120	10
21-10-2015	MAT	Rede de Emalhar Fundeada	28-34	78	47
10-12-2015	MAT	Cerco	27-37	125	25
Total			17 - 42	1846	847

As amostras foram transportadas para as instalações do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), onde os indivíduos, 1846 no total, foram divididos por classes de tamanho ao centímetro. Foram recolhidos individualmente, entre outros, os seguintes dados biológicos: comprimento total (distância máxima, em centímetros, entre a ponta do focinho e o ponto mais recuado da cauda), classe de comprimento ao centímetro, peso individual em gramas, peso eviscerado em gramas e sexo. Foram recolhidos no total 847 pares de otólitos *sagitta*.

Os otólitos, após a recolha, foram lavados com água destilada agitando com um pincel. A secagem fez-se sobre uma cartolina preta para melhorar a visibilidade de todo o otólito e a sua limpeza, sendo de seguida armazenados. Os procedimentos de preparação e leitura dos otólitos e respetivas análises estão descritos em pormenor nas secções 3.2 e 3.3 deste trabalho.

3.2 – Montagem dos Otólitos de Cavala:

Os otólitos foram colados nos poços de placas de PVC com Entellan. Inicialmente, espalhou-se uma gota no fundo de cada poço para fixar o otólito com o *sulcus acusticus* virado para baixo. Após uma secagem de 24h, foram cobertos na totalidade com Entellan e secos, à temperatura ambiente em *hotte*, preferencialmente.

3.3 – Leitura e Análise dos Otólitos:

3.3.1 - Critérios para leitura de idades de Cavala, segundo os resultados obtidos no Workshop de Leitura de Idades de Cavala do ICES, 4 de novembro de 2015, IPMA, Lisboa (ICES, 2015):

Foram definidas como áreas prioritárias para leitura de anéis translúcidos as zonas posterior, *rostrum* e *anti-rostrum* (Figura 3.1), sendo que a cada banda de anel opaco e translúcido corresponde 1 ano de idade.

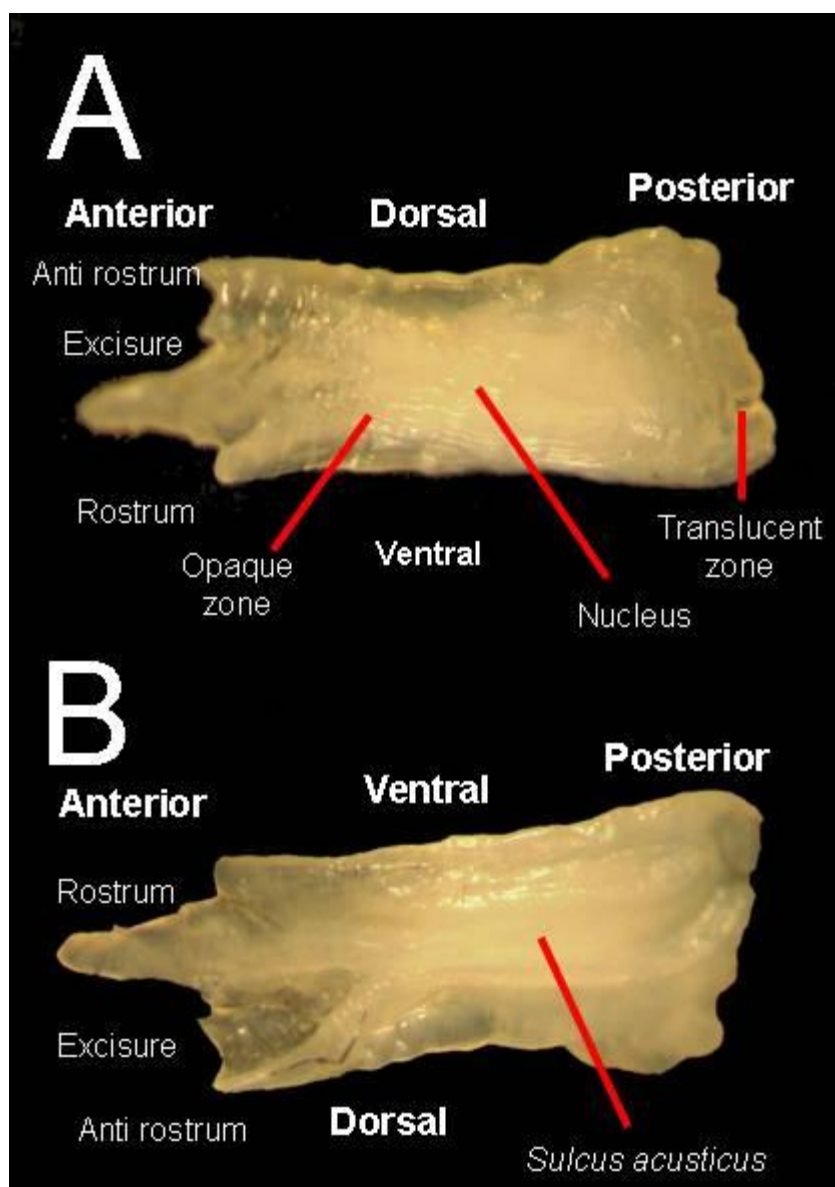


Figura 3.1 – **Áreas do otólito** – Fotografia de otólito *sagitta* de Cavala (*Scomber colias*) com indicação das áreas e zonas prioritárias para leitura de anéis (Fonte: imagem elaborada por ICES, 2015).

A data de nascimento estipulada para a área do Atlântico Norte, incluída a área em estudo, é 1 de janeiro. Desta forma, se o bordo for translúcido no 1º semestre do ano, acrescenta-se 1 ano à idade lida no otólito, correspondendo ao número de épocas que essa coorte já viveu. Os bordos translúcidos não são contabilizados no 2º semestre nem os opacos ao longo de todo o ano.

A largura dos anéis anuais diminui com a idade porque o crescimento é máximo no primeiro ano de vida, mas diminui ao longo dos anos, sendo muito baixo a partir dos 3 anos, pelo que a distância entre anéis é quase impercetível.

3.3.2 – Comparação de Leituras de Idade:

Inicialmente, foram realizadas 6 leituras por 4 leitores diferentes, a autora deste trabalho (AC1, AC2 e AC3) e três leitores mais experientes (DM, AS e LG), de forma a realizar uma análise de consistência de leituras. Para tal recorreu-se à folha de cálculo para comparação de leituras de Eltink (2000), que permite também obter a idade modal e idade média para cada otólito, a percentagem de concordância (Equação 3.1) e o coeficiente de variação (CV) (Equação 3.2). O nível de experiência de cada leitor é baseado no número de otólitos de Cavala lido por cada um. O leitor AC, como não tinha experiência com a leitura da espécie realizou 3 leituras independentes para cada amostra, sucessivas no tempo, e que foram comparadas entre si. Para a análise final apenas foi incluída a última leitura (AC3). Na análise dos otólitos, em cada leitura foi registado o número de anéis translúcidos, o tipo de bordo (opaco ou translúcido), a idade e a legibilidade dos anéis.

$$\% \text{ de Concordância} = 100 \times \left(\frac{n \text{ leituras concordantes}}{n \text{ total de leituras}} \right)$$

Equação 3.1 – **Concordância das leituras** - Fórmula utilizada para o cálculo da percentagem (%) de concordância das leituras de idade entre leitores (Eltink, 2000).

$$\% \text{ CV} = 100 \times \left(\frac{\text{dp total das leituras}}{\text{média das idades}} \right)$$

Equação 3.2 – **Coeficiente de variação** - Fórmula utilizada para o cálculo do coeficiente de variação (CV) das leituras de idade entre leitores (Eltink, 2000).

3.3.3 – Medições e Incremento Marginal (IM):

Cada par de otólitos foi fotografado à lupa (modelo Leica MZ12), utilizando o software TNPC e uma ampliação de 20x, à escala de 2 mm. Através das fotografias e usando o software Image J, foram medidos o raio total do otólito e o raio dos *annuli*, em milímetros, para ambos os otólitos *sagitta* esquerdo e direito, e com estes dados foi ainda analisado o incremento marginal (AIM) (Equação 3.3). Esta análise foi realizada apenas com os otólitos da amostra de Peniche correspondentes às idades 1, 2 e 3.

$$\text{AIM} = \frac{R_t - R_n}{R_n - R_{n-1}}$$

Equação 3.3 - **Análise do Incremento Marginal (AIM)** – Fórmula utilizada para a análise do incremento marginal do otólito. R_t – raio do otólito. R_n – raio do último anel (Shiraishi *et al.*, 2008).

Para as medições do otólito foi realizada uma análise preliminar, baseada no esquema da Figura 3.2, no entanto este critério de medição dos raios não permitiu obter resultados, pelo que na análise

final se optou pelo esquema da Figura 3.3. Devido à variabilidade morfológica dos otólitos observada neste estudo considerou-se que, para marcação do eixo de medição dos raios, seria mais adequado a marcação da zona com maior crescimento, ao invés de uma orientação fixa vertical muito mais artificial.

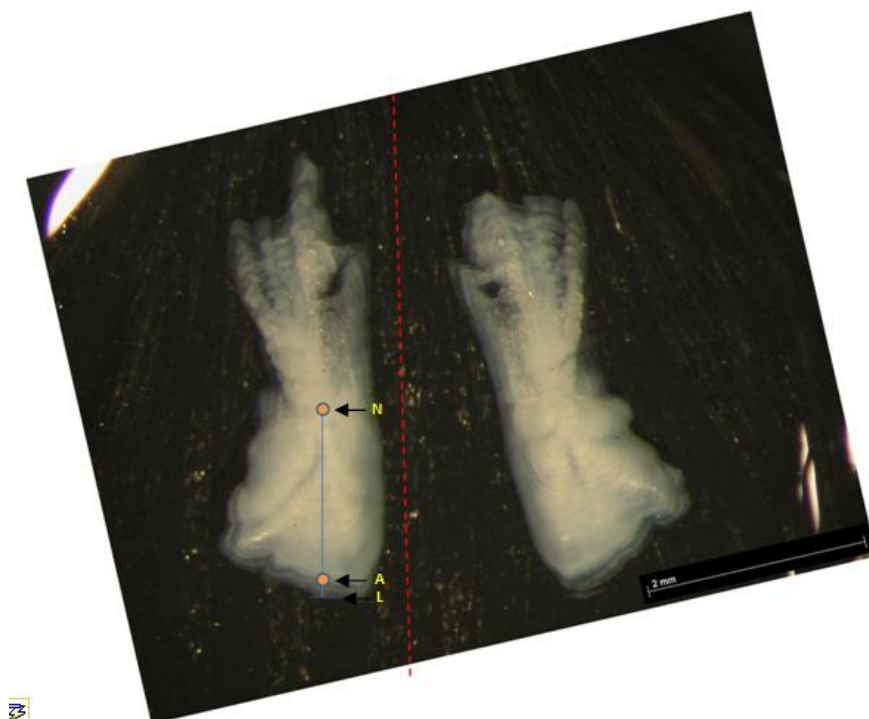


Figura 3.2 – **Medições preliminares** - Esquema de medição usado na fase preliminar de análise dos otólitos, em que N: núcleo do otólito, A: *annulus* constituído por uma banda opaca e uma translúcida, L: bordo do otólito que limita o raio.

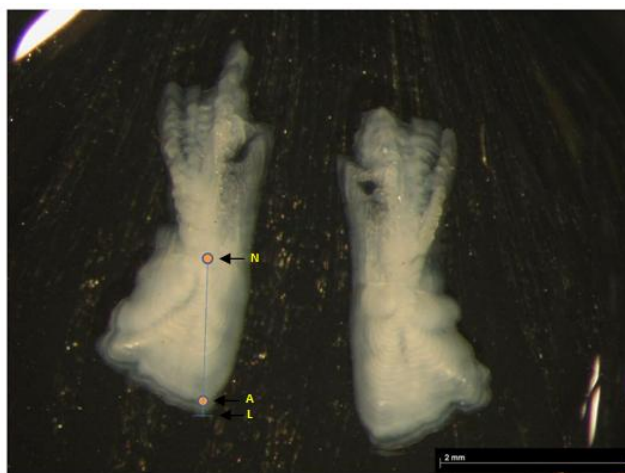


Figura 3.3 – **Medições finais** - Esquema de medição usado na análise final dos otólitos, em que N: núcleo do otólito, A: *annulus* constituído por uma banda opaca e uma translúcida, L: bordo do otólito que limita o raio.

A análise final foi realizada para machos e fêmeas e com ambos os otólitos esquerdo e direito. Com base nas medidas obtidas calculou-se o valor médio e desvio padrão do raio do primeiro *annulus* para esta espécie, na área em estudo, e relacionou-se o crescimento do otólito com o comprimento e idade do peixe.

3.4 – Análise dos dados:

A análise dos dados foi feita com os softwares Microsoft® Excel e R (<https://www.r-project.org/>). A relação peso-comprimento foi realizada com os 1846 indivíduos da amostra total, segundo a Equação 3.4, para as amostras de Peniche e Matosinhos.

$$Wt = q * Lt^b$$

Equação 3.4 – **Relação peso-comprimento** – Formula utilizada para a análise da regressão da relação peso-comprimento dos indivíduos. Wt – comprimento total, em g. q – fator de condição. Lt – comprimento total, em cm. b – coeficiente de alometria (Vasconcelos *et al.*, 2011).

Na elaboração das chaves de comprimento-idade, cálculo do comprimento médio à idade e ajuste do modelo de von Bertalanffy (Equação 3.5), foram usados dos 110 indivíduos da amostra de Peniche e 119 indivíduos da amostra de Matosinhos (ver mais abaixo).

$$Lt = L_{\infty} * \{1 - \exp^{-K * (t - t_0)}\}$$

Equação 3.5 – **Modelo de von Bertalanffy** – Fórmula usada no ajuste do modelo de von Bertalanffy para determinação dos parâmetros de crescimento. L_{∞} - comprimento assintótico, em cm. K - coeficiente de crescimento, em ano⁻¹. t_0 - é a idade teórica à qual corresponde o comprimento igual a zero, em anos (Vasconcelos *et al.*, 2011).

Para verificar se existiam diferenças entre as curvas de crescimento de machos e fêmeas, as curvas de von Bertalanffy foram comparadas por testes de verosimilhança. Este teste consiste em calcular a soma dos quadrados dos resíduos entre as curvas e compará-lo com a distribuição de qui-quadrado com o número apropriado de graus de liberdade (df) e nível de significância α (Kimura, 1980). A hipótese de as curvas entre machos e fêmeas serem diferentes foi testada contra uma série de hipóteses que assumiam que alguns parâmetros eram partilhados pelas duas amostras. Assim, a primeira hipótese testada foi a igualdade dos três parâmetros (H_0^1), isto é as curvas são coincidentes e poder-se-á ajustar uma curva às duas amostras. Quando este teste foi rejeitado, realizou-se uma análise exploratória do comportamento dos parâmetros L_{∞} , K e t_0 de forma a classificarem-se as curvas em diferentes categorias. Desta forma classificaram-se as curvas em coincidentes, paralelas ou convergentes segundo as seguintes hipóteses nulas:

- H_0^1 : $L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$; $k_1 = k_2$; $t_{01} = t_{02}$ – Curvas coincidentes;
- H_0^2 : $L_{\infty 1} \neq L_{\infty 2}$; $k_1 = k_2$; $t_{01} \neq t_{02}$ – Curvas paralelas;
- H_0^3 : $L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$; $k_1 \neq k_2$; $t_{01} \neq t_{02}$ – Curvas convergentes;
- H_0^4 : $L_{\infty 1} \neq L_{\infty 2}$; $k_1 \neq k_2$; $t_{01} = t_{02}$ – Curvas divergentes;
- H_0^5 : $L_{\infty 1} \neq L_{\infty 2}$; $k_1 = k_2$; $t_{01} = t_{02}$ – Curvas paralelas;
- H_0^6 : $L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$; $k_1 \neq k_2$; $t_{01} = t_{02}$ – Curvas convergentes;
- H_0^7 : $L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$; $k_1 = k_2$; $t_{01} \neq t_{02}$ – Curvas divergentes

A hipótese 1 (H_0^1 : $L_{\infty 1} = L_{\infty 2}$; $k^1 = k^2$; $t_0^1 = t_0^2$ – curvas coincidentes) foi aceite e usou-se a curva de crescimento do conjunto dos dados (M+F).

4 – Resultados

4.1 - Análise Descritiva dos Dados:

A amostra total usada no estudo de crescimento consistiu em 966 indivíduos amostrados na lota de Peniche, de 2012, e 880 indivíduos amostrados na lota de Matosinhos, de 2015, perfazendo um total de 1846 indivíduos. Esta amostra total foi usada na estimativa de número de indivíduos por classe de comprimento e relação peso-comprimento.

A análise de percentagem de concordância entre leitores e cálculo do coeficiente de variação foi realizada apenas com a amostra de Matosinhos (n=140), uma vez que só foi feita uma leitura dos otólitos da amostra de Peniche pela leitora responsável pelo *stock* da Cavala no IPMA, em 2012 (atualmente aposentada).

Para a leitura de idades foram selecionados cerca de dez indivíduos por classe de comprimento, para ambas as amostras, com uma distribuição temporal preferencialmente mensal. Foram lidas as idades de 110 otólitos da amostra de Peniche e 140 otólitos da amostra de Matosinhos. Desta última foram descartados 21 otólitos por não ter havido idade modal.

A validação do padrão de deposição dos anéis foi feita pela análise do padrão sazonal do tipo de bordo e pela análise do incremento marginal. Selecionaram-se os indivíduos com menor comprimento total, isto é mais jovens porque, à medida que a taxa de crescimento do peixe diminui os anéis de crescimento ficam mais próximos, tornando-se mais difíceis de observar. Sendo assim, os otólitos de indivíduos mais jovens permitem uma melhor caracterização do tipo de bordo, opaco ou translúcido. Na amostra de Peniche foram usados 102 indivíduos das idades 0, 1 e 2, enquanto da amostra de Matosinhos foram usados 37 indivíduos das idades 1, 2 e 3. Relativamente à análise do incremento marginal analisaram-se os mesmos números de indivíduos. No entanto para a amostra de Matosinhos, a identificação dos verdadeiros anéis mostrou ser difícil, prejudicando a medição dos raios, e uma vez que não havia confiança nestes dados, optou-se por remover este porto da análise. Para a amostra de Peniche revelou ser mais fácil de obter a medida da espessura dos anéis, no entanto decidiu-se igualmente excluir 31 otólitos da análise pela falta de confiança dos dados obtidos, a amostra final totalizou 57 indivíduos.

4.2 - Distribuição de Comprimentos:

O comprimento total das Cavalas analisadas em Peniche e Matosinhos variou entre 17 e 42 cm e 25 e 38 cm, respetivamente (Figura 4.1a e 4.1b). Na amostra de Peniche verificou-se uma distribuição bimodal, obtendo-se as classes modais nos 18 e 28 cm de comprimento (Figura 4.1a). A amostra de Matosinhos teve uma distribuição unimodal, com classe modal nos 29 cm de comprimento (Figura 4.1b).

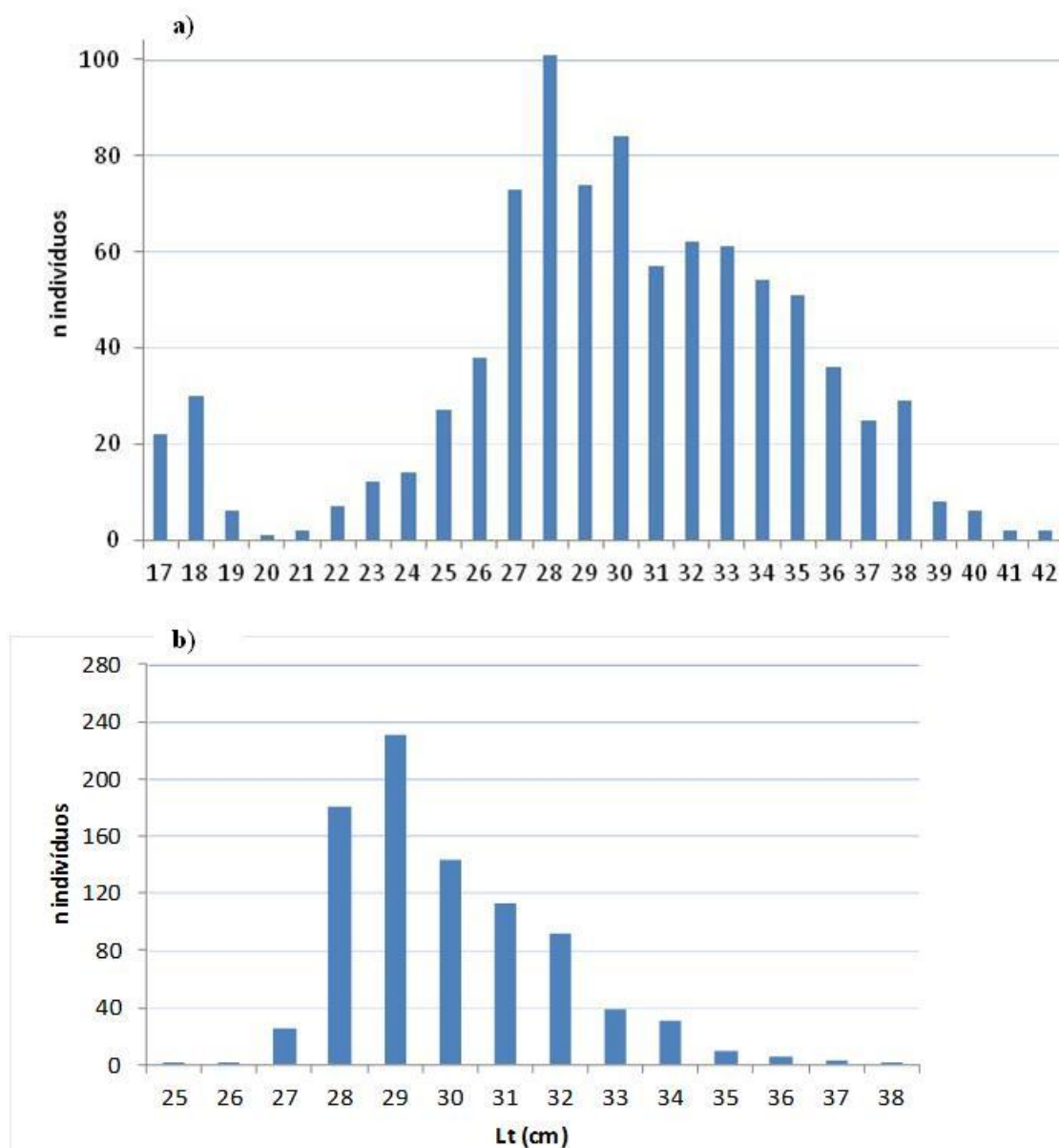


Figura 4.1 – **Distribuição de comprimentos** – Distribuição de comprimentos (Lt) por classe relativamente às amostras de Cavala provenientes dos portos de a) Peniche, 2012 (n=966 indivíduos) e b) Matosinhos, 2015 (n=880 indivíduos).

4.3 - Relação Peso-Comprimento:

Não foram encontradas diferenças significativas na relação peso-comprimento entre fêmeas e machos nem para a amostra de Peniche (teste-F, $F=0.29$, $p=0.59$, $gl=126$) nem para a amostra de Matosinhos (teste-F, $F=0.11$, $p=0.74$, $gl=137$). Por este motivo usou-se uma curva para o conjunto total da amostra (F+M) (Figura 4.2; Tabela 4.1).

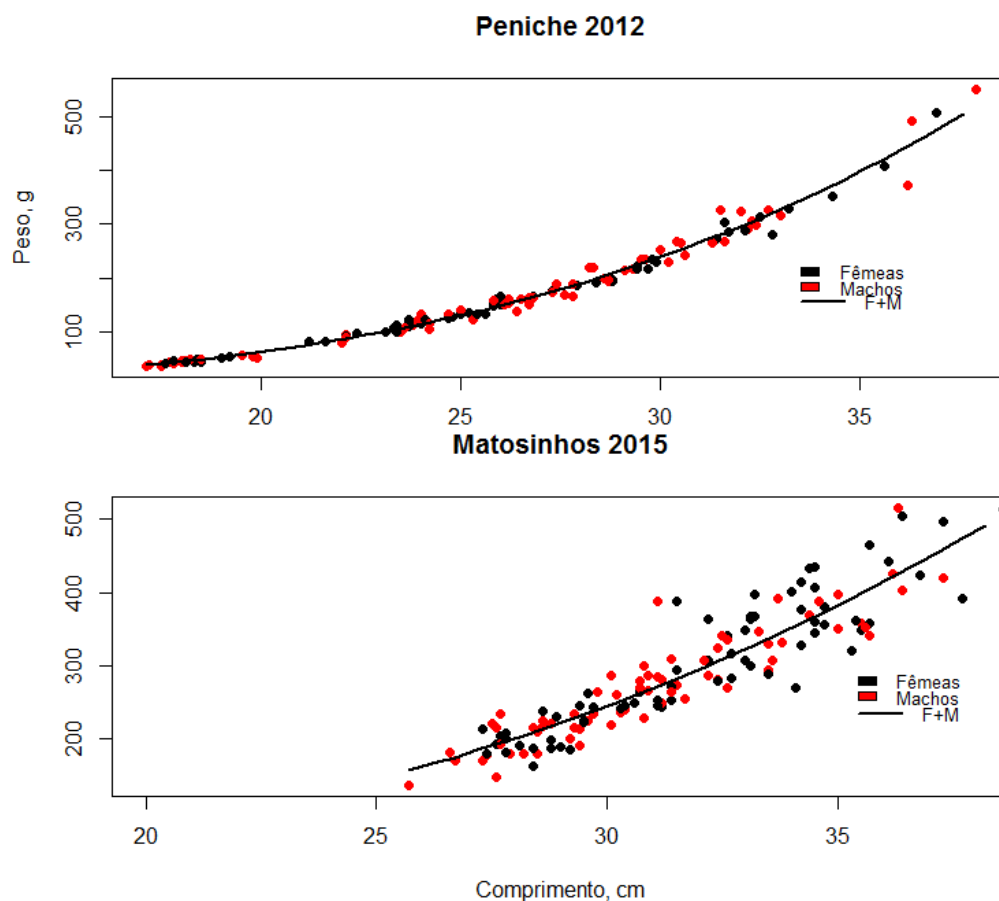


Figura 4.2 – **Relação peso-comprimento** - Regressão da relação peso-comprimento para o conjunto da amostra (F+M), fêmeas e machos de Cavala referentes às amostras recolhidas nos portos de Peniche, 2012 (n=966) e Matosinhos, 2015 (n=880).

Tabela 4.1 – **Parâmetros da regressão da relação peso-comprimento** - Tabela com os parâmetros estimados da regressão da relação peso-comprimento para o conjunto da amostra (T), fêmeas (F) e machos (M) de Cavala referentes às amostras recolhidas nos portos de Peniche, 2012 (n=966) e Matosinhos, 2015 (n=880). q= fator de condição, b= coeficiente de alometria, R²= coeficiente de correlação.

Zona	Sexo	q	b	R ²	Fórmula
Peniche	F	0,003	3,287	0,996	$W_T = 0,00332 \cdot L_T^{3,287}$
	M	0,003	3,345	0,988	$W_T = 0,00275 \cdot L_T^{3,345}$
	T	0,003	3,321	0,983	$W_T = 0,0029 \cdot L_T^{3,321}$
Matosinhos	F	0,011	2,937	0,899	$W_T = 0.01124 \cdot L_T^{2,937}$
	M	0,017	2,801	0,936	$W_T = 0.017 \cdot L_T^{2,801}$
	T	0.013	2,894	0,833	$W_T = 0.013 \cdot L_T^{2,894}$

4.4 - Validação da Deposição dos Anéis de Crescimento:

4.4.1- Análise do Padrão Sazonal do Tipo de Bordo:

Na amostra de Peniche verificou-se que o bordo translúcido ocorre maioritariamente ao longo de todo o ano. Apenas foram encontrados bordos opacos nos meses de maio, julho, setembro e outubro, com maior percentagem em julho (Figura 4.3a).

Na amostra de Matosinhos, verificou-se um padrão semelhante com ocorrência de bordo opaco em maio, agosto, setembro e outubro. A maior percentagem de bordo opaco foi observada em maio e agosto (Figura 4.3b).

Apesar de não haver dados do mês de fevereiro e junho para a amostra de Peniche, e dos meses de março, abril, junho, julho e novembro na amostra de Matosinhos, pode admitir-se que o período de maior ocorrência de bordos opacos, logo de maior crescimento, situa-se na época de transição primavera/verão prologando-se até ao outono (Figura 4.3).

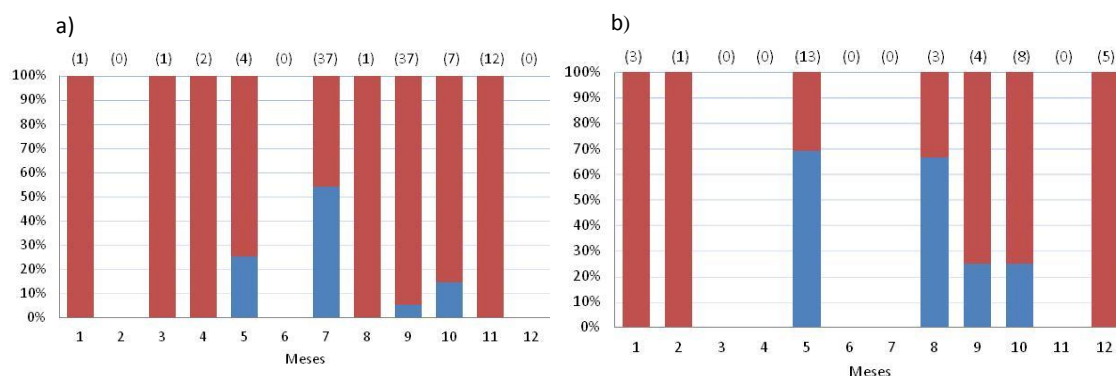


Figura 4.3 – **Bordo do otólito** - Percentagem de cada tipo de bordo por mês, para o conjunto das amostras de a) Peniche e b) Matosinhos. As barras vermelhas representam o bordo translúcido e as barras azuis representam o bordo opaco. Da amostra de Peniche entram 102 indivíduos correspondentes às idades 0, 1 e 2. Da amostra de Matosinhos entram 37 indivíduos correspondentes às idades 1, 2 e 3, o número de indivíduos usados na análise em cada mês está indicado entre parêntesis acima das barras. Os meses em branco representam aqueles para os quais não houve amostras disponíveis.

O padrão anual de variação de percentagem de tipo de bordo observado em ambas as amostras, referente a anos e áreas diferentes, foi semelhante. Havendo esta marcação anual regular no otólito pode admitir-se que uma banda formada por um anel opaco e um anel translúcido corresponde a 1 ano, pelo que o método de leitura do otólito valida o padrão de deposição das bandas no otólito na Cavala.

4.4.2 – Análise do Incremento Marginal (AIM):

Para os otólitos do grupo de idade de 1 ano o valor do IM parece aumentar nos meses de setembro a novembro (Figura 4.4a), enquanto que, nas idades 2 e 3 o valor mais baixo foi encontrado no mês de novembro (Figura 4.4b). No entanto, não havendo dados para as duas sub-amostras nos meses de janeiro a junho, setembro e dezembro, e sendo a amostra reduzida (em particular em certos meses como é o caso do mês de novembro na sub-amostra das idades 2 e 3, Figura 4.4.b), os resultados obtidos não são conclusivos.

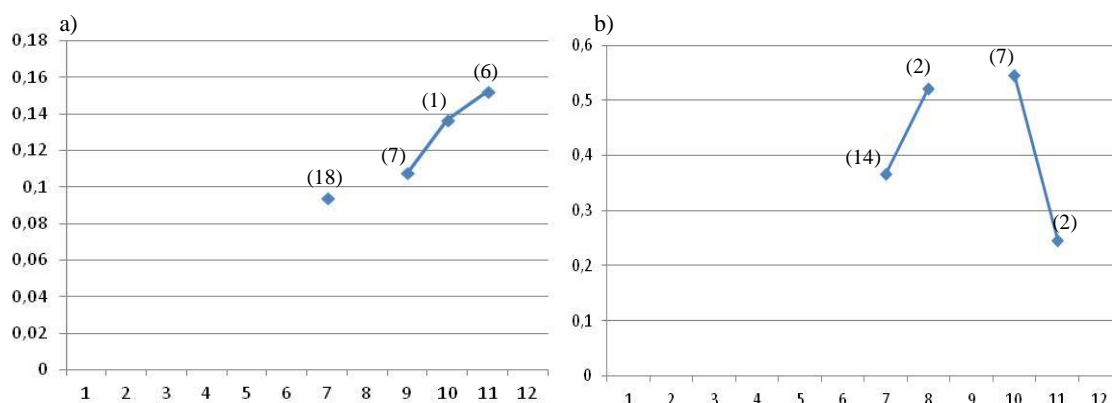


Figura 4.4 – **Análise do Incremento Marginal (AIM)** – Variação da média do Incremento Marginal (IM) ao longo do ano para a amostra de Peniche, 2012. A figura a) é referente à sub-amostra de idade 1 (n=32) e a figura b) corresponde à sub-amostra das idades 2 e 3 (n=25). O número de indivíduos usados em cada mês está indicado entre parêntesis em cada ponto.

4.4.3 - Otólitos *Sagitta* – Raio do Primeiro *Annulus*:

Foi medido o raio do primeiro anel dos otólitos esquerdo e direito, de fêmeas e machos para as amostras dos portos de Peniche e Matosinhos, correspondentes às idades de 1 a 5 anos e 1 a 7 anos, respetivamente. As médias de raio obtidas a partir da amostra de Matosinhos foram mais baixas do que as de Peniche. Na amostra de Peniche as fêmeas tiveram uma média mais baixa que a dos machos. Na amostra de Matosinhos, os valores médios de raio do primeiro *annulus* foram semelhantes.

Na amostra de Peniche, independentemente do sexo, a média do raio esquerdo do primeiro anel foi ligeiramente superior à do direito, no entanto os desvios-padrão apresentaram uma grande amplitude, entre 0.14 mm e 0.32 mm. A amostra de Matosinhos apresentou valores de desvio padrão muito menores, entre 0.06 mm e 0.07 mm, e médias para ambos os otólitos semelhantes em ambos os sexos (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – **Raio médio do primeiro *annulus*** - Valores médios (em milímetros) e desvio padrão do raio do primeiro *annulus* dos otólitos *sagitta* esquerdo e direito, das amostras de Peniche (2012) e Matosinhos (2015), para o conjunto a amostra (F+M), fêmeas e machos.

Porto	Otolito	R1 (mm)					
		F + M		Fêmeas		Machos	
		m	dp	m	dp	m	dp
Peniche	Esquerdo	1,54	0,21	1,50	0,16	1,59	0,25
	Direito	1,51	0,24	1,46	0,14	1,58	0,32
Matosinhos	Esquerdo	1,35	0,06	1,35	0,07	1,35	0,06
	Direito	1,35	0,07	1,36	0,07	1,35	0,07

4.5 - Análise de Consistência de Leituras:

Esta análise foi realizada apenas para a amostra de Matosinhos.

Relativamente às 3 leituras independentes realizadas por AC verifica-se que houve um aumento de concordância de leitura com os restantes leitores (Tabela 4.3, Figura 4.5). Relativamente à leitura AC1, verifica-se que a leitora atribuiu idade mais baixa relativamente à idade modal dada por todos os

leitores. As leituras AC2 e AC3 mostram que a leitura se aproximou das idades atribuídas pelos outros leitores (Figura 4.5). Foi usada a leitura AC3 para as restantes análises.

Tabela 4.3 – **Concordância de leituras entre leitores** - Percentagens de concordância (%C) relativos às leituras AC1, AC2 e AC3 em comparação com os leitores mais experientes (DM, LG, AS).

		DM	LG	AS
% C	AC1	9,80%	9,80%	15,70%
	AC2	22,40%	26,60%	30,70%
	AC3	25,90%	41,20%	48,20%

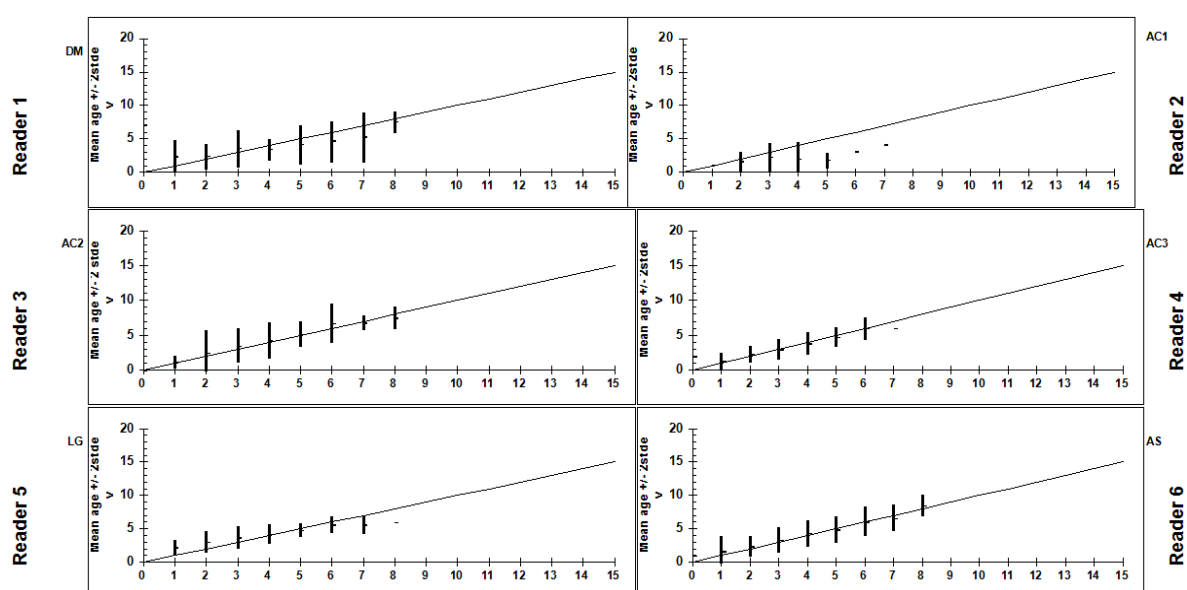


Figura 4.5 - **Idade de cada leitor +/- 2 com desvios-padrão e idade modal** - A idade média estimada para cada leitor é representada pelas linhas verticais. A linha inclinada representa a idade modal. Quando a idade média estimada é superior ou inferior à idade modal, o traço vertical desloca-se para cima ou para baixo da linha inclinada, respetivamente. Quando a idade média estimada é igual à idade modal a linha vertical encontra-se sobre a linha inclinada. O desvio-relativo (bias) corresponde à diferença de idade média estimada e a idade modal.

A percentagem de concordância entre os leitores DM, AC3, LG e AS foi de 55,7% com o coeficiente de variação de 22,4 %. Houve 12 otólitos com concordância de 100%, 36 otólitos com concordância superior a 75%, 45 otólitos com concordância de 50% e 21 com 0% concordância. Os 21 otólitos em que não foi possível calcular a idade modal foram descartados das análises de idade da amostra de Matosinhos (2015).

Na Figura 4.6 pode-se observar diferentes pares de otólitos com a mesma idade e diferentes morfologias.

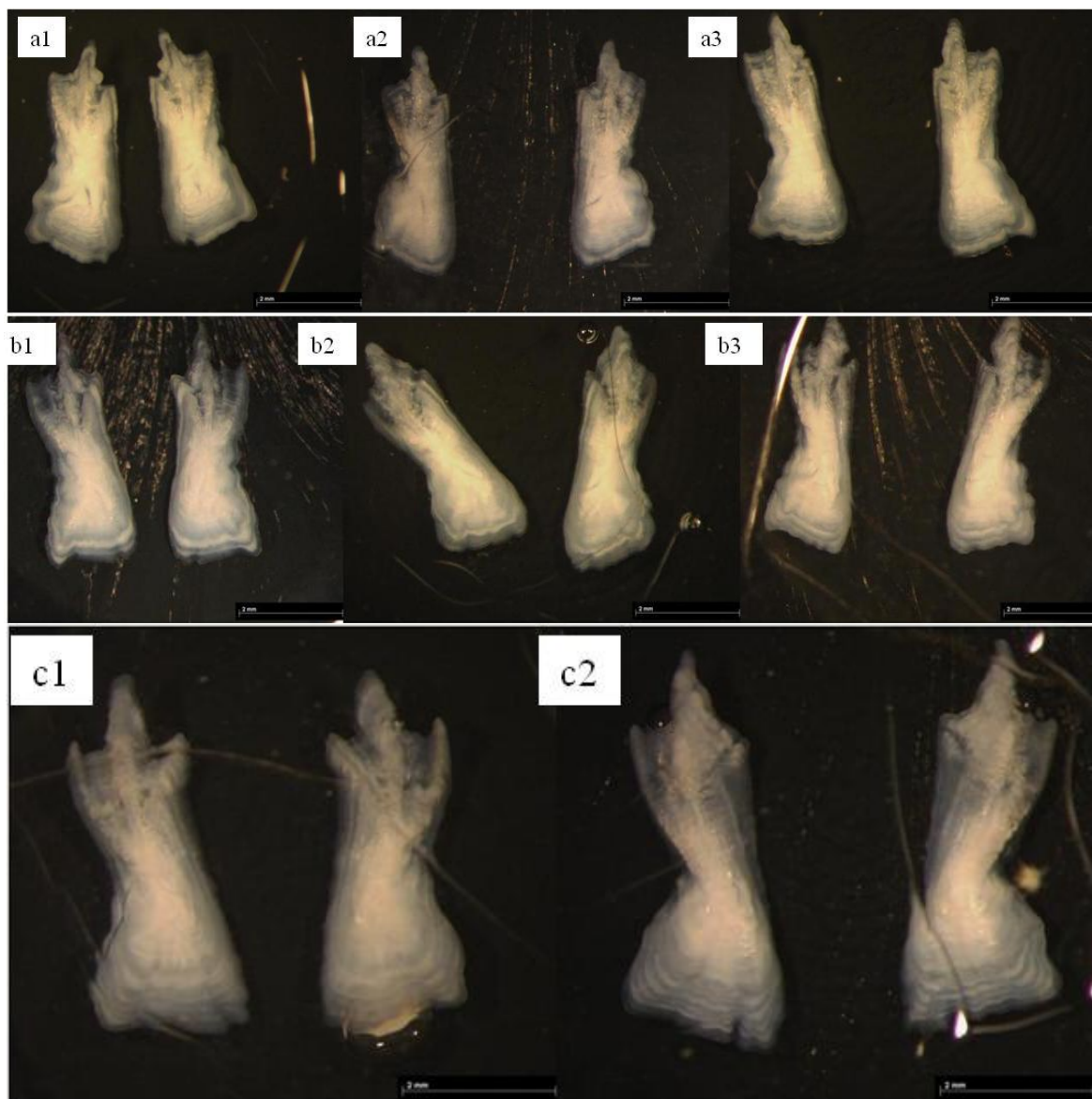


Figura 4.6 – **Fotografias de otólitos** - Fotografias de pares de otólitos *sagitta* com a mesma idade. As fotografias a1, a2 e a3 são de indivíduos com 1 ano. As fotografias b1, b2 e b3 são de indivíduos com 3 anos. As fotografias c1 e c2 são de indivíduos com 6 anos.

4.6 - Estimação de Idade por Leitura Direta dos Otólitos *Sagitta*:

4.6.1 - Chaves de Comprimento-Idade:

a) Peniche

Foram estimadas as idades de 110 indivíduos, 50 fêmeas e 60 machos. Na comparação do comprimento entre machos e fêmeas, relativamente à amostra de Peniche, os resultados indicaram que o comprimento não é significativamente diferente entre sexos ($t = 1.3643$, $df = 790.976$, $p\text{-value} = 0.1729$). No entanto, para uma melhor visualização das sub-amostras por sexo, dos seus grupos de idade e respetiva distribuição por classes de comprimento, optou-se por representar as chaves de idade-comprimento separadamente, para fêmeas (Tabela 4.4a) e machos (Tabela 4.4b), e para o conjunto da amostra (Tabela 4.4c).

Tabela 4.4 – **Chaves de comprimento- idade (Peniche)** - Chaves de comprimento- idade para a amostra de Peniche (a) fêmeas. b) machos e c) conjunto da amostra) resultante da idade obtida pela leitura dos otólitos de Cavala provenientes dos desembarques no porto de Peniche de 2012. Lt: comprimento, representado em classes.

a)							
Lt (cm)	Idade (ano)						Total
	0	1	2	3	4	5	
17	2						2
18	4						4
19	2						2
20							
21		1					1
22		2					2
23		6		1			7
24		3		1			4
25		6		2			8
26		2	1				3
27			1	2			3
28			1	2			3
29				5			5
30							
31			1			1	2
32				1			1
33				1			1
34					1		1
35			1				1
36							
Total	8	20	5	15	1	1	50

b)							
Lt (cm)	Idade (ano)						Total
	0	1	2	3	4	5	
17	8						8
18	6						6
19	4						4
20							
21							
22		1					1
23		2	2				4
24		4	1				5
25		1					1
26		4	1	2	1		8
27		2	1				3
28		2	1	1			4
29			2	2			4
30			2	1			3
31				3			3
32			2	2			4
33				1			1
34							
35							
36				1			1
Total	18	16	12	13	1		60

c)							
Lt (cm)	Idade (ano)						Total
	0	1	2	3	4	5	
17	10						10
18	10						10
19	6						6
20							
21		1					1
22		3					3
23		8	2	1			11
24		7	1	1			9
25		7		2			9
26		6	2	2	1		11
27		2	2	2			6
28		2	2	3			7
29			2	7			9
30			2	1			3
31			1	3		1	5
32			2	3			5
33				2			2
34					1		1
35			1				1
36				1			1
Total	26	36	17	28	2	1	110

Os grupos de idade obtidos variaram entre 0 e 5 nas fêmeas (Figura 4.4a) e 0 e 4 nos machos (Figura 4.4b). Em todas as idades foi observada uma grande amplitude de comprimentos, em ambos os

sexos (Tabela 4.4c). Nas fêmeas, o comprimento variou entre as classes 17 cm e 35 cm (Tabela 4.4a), enquanto, nos machos, variou entre as classes 17 cm e 36 cm (Tabela 4.4b).

Nas fêmeas, a idade 0 variou entre as classes de 17 e 19 cm. As fêmeas de idade 3 foram as que apresentaram maior variação, desde a classe 23 cm a 33 cm e a classe de comprimento com maior amplitude de idades nas fêmeas foi a de 31 cm, com indivíduos desde os 2 aos 5 anos. A maior fêmea observada estava na classe de 35 cm e tinha apenas 2 anos: por outro lado a fêmea mais velha de 5 anos estava na classe de 31 cm. A maioria das fêmeas analisadas da amostra de Peniche tinha 1 ano e a classe de comprimento com maior frequência de indivíduos foi a de 25 cm com 8 fêmeas (Tabela 4.4a).

Nos machos, o grupo de idade 3 também foi o que apresentou maior variação de comprimentos, desde a classe 26 a 36 cm. A classe de comprimento com maior amplitude de idades foi a de 26 cm, com indivíduos de 1 a 4 anos. Na idade 0 os indivíduos variaram entre as classes 17 cm e 19 cm, e este foi o grupo com maior frequência de indivíduos. O tamanho máximo observado foi um indivíduo na classe de 36 cm com 3 anos. A idade máxima observada nos machos foi um indivíduo de 4 anos, na classe de 26 cm. As classes de comprimento com maior frequência nos machos da amostra de Peniche foram as de 17 cm e 26 cm, com 8 indivíduos cada (Tabela 4.4b).

b) Matosinhos:

Foram estimadas as idades de 140 pares de otólitos, sendo que, 21 foram descartados das análises de idade por não ter sido obtida uma idade modal. Dos 119 resultantes, houve 55 fêmeas e 64 machos. Foram encontradas diferenças significativas entre o comprimento entre machos e fêmeas (t-test, $t=2.20$, $df=131.74$, $p=0.03$), pelo que os resultados foram apresentados separadamente para fêmeas (Tabela 4.5a) e machos (Tabela 4.5b). Os grupos de idade obtidos variaram entre 1 e 7 para as fêmeas (Tabela 4.5a) e 1 e 6 para os machos (Tabela 4.5b). Nas fêmeas, o comprimento variou entre as classes 27 cm e 38 cm (Tabela 4.5a), enquanto, nos machos, variou entre as classes 25 cm e 38 cm (Tabela 4.5b).

Tabela 4.5 – **Chaves de comprimento-idade (Matosinhos)** - Chaves de comprimento- idade para a amostra de Matosinhos de a) fêmeas e b) machos, resultante da idade obtida pela leitura dos otólitos de Cavala provenientes dos desembarques no porto de Matosinhos em 2015. Lt: comprimento, representado em classes.

a)								
Lt (cm)	Idade (ano)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
25								
26								
27		2	2	3				7
28		1	3	3				7
29	2		4	1				7
30			1	2	1			4
31		1	2	3	1			7
32			1	3	1		1	6
33			1	4	1			6
34				2		1		3
35				2	2			4
36			1		1			2
37							1	1
38							1	1
Total	2	4	15	23	7	3	1	55

b)								
Lt (cm)	Idade (ano)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
25		1						1
26	1	1						2
27		2	4					6
28	1	1	1	5				8
29		2	1	2	3			8
30		3	6	2				11
31			4	3				7
32		1		2	3			6
33			1	2	2			5
34				1				1
35				2	1	2		5
36			1	1	1			3
37						1		1
38								
Total	2	11	18	20	10	3		64

Nas fêmeas a idade 3 foi a que apresentou maior variação, desde a classe 27 cm a 36 cm. A classe de comprimento com maior amplitude de idades nas fêmeas foi a de 32 cm, com indivíduos desde os 3 aos 7 anos. O tamanho máximo observado nas fêmeas foi de um indivíduo com 6 anos na classe de 38

cm.. A maioria das fêmeas analisadas da amostra de Matosinhos tinha 4 anos e as classes de comprimento com maior frequência de indivíduos foram as de 27 cm a 29 cm e 31 cm, com 7 fêmeas cada (Tabela 4.5a).

Nos machos, a idade 3 também foi a que apresentou maior variação de comprimentos, desde a classe 27 até 36 cm. As classes de comprimento com maior amplitude de idades nos machos foram as de 28 cm, 29 cm e 32 cm. O indivíduo mais pequeno, na classe de 25 cm, pertencia ao grupo de idade 2. O tamanho máximo observado foi um indivíduo na classe de 37 cm, também com a idade máxima observada nos machos, 6 anos. A idade com maior frequência no grupo dos machos da amostra de Matosinhos foi a idade 4. A classe de comprimento com maior frequência foi a de 30 cm (Tabela 4.5b).

4.6.2 - Comprimento Médio à Idade:

a) Peniche:

O comprimento médio à idade para as fêmeas, os machos e o conjunto da amostra (F+M) de Peniche está representado nas Figuras 4.7a, 4.7b e 4.7c, respetivamente. Os valores médios com desvio-padrão podem ser consultados na Tabela 4.6. O comprimento médio à idade 4 e 5, nas fêmeas, e 4, nos machos, tem desvio-padrão 0 porque houve apenas 1 indivíduo por grupo de idade.

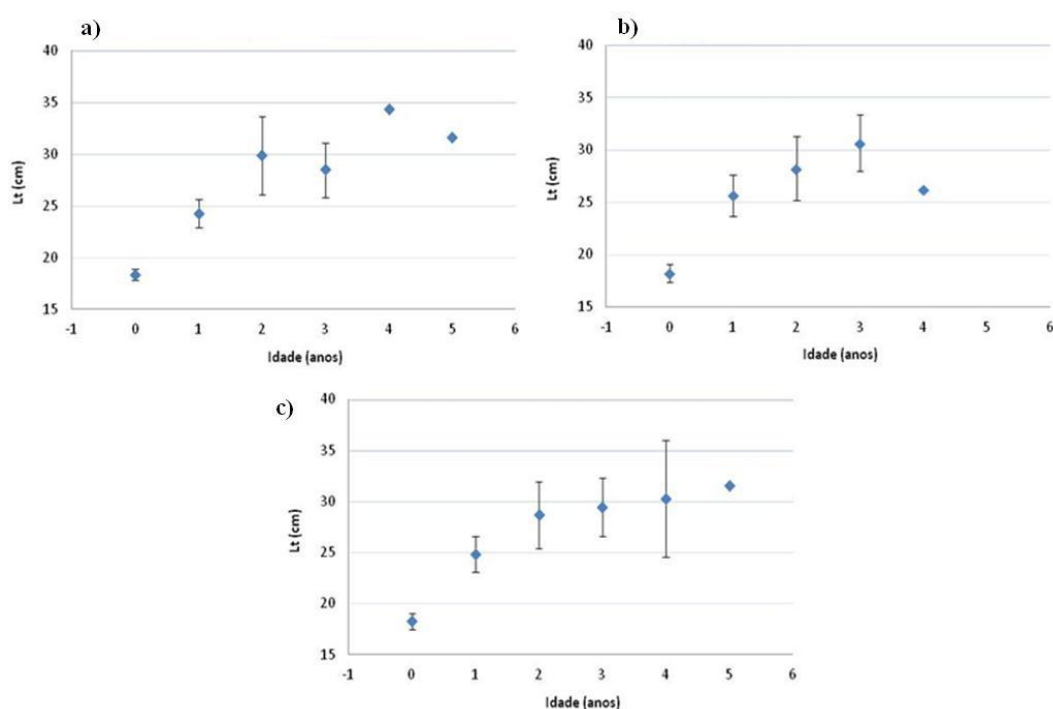


Figura 4.7 - **Comprimento médio (Peniche)** – Comprimento médio (Lt) à idade com desvio-padrão para fêmeas (a), machos (b) e o conjunto da amostra (c) de Peniche (2012); Fêmeas: n=50, Machos: n=60, F+M (conjunto da amostra): n=110.

No conjunto da amostra (F+M), assim como para ambos os sexos, a idade 0 foi a que teve menor desvio-padrão em relação aos valores médios de comprimento. Estes últimos foram semelhantes em ambos os sexos com 18,36 cm nas fêmeas e 18,18 cm nos machos. Os maiores desvios-padrão observados em ambas as sub-amostras foram na idade 2: 3,76 cm nas fêmeas e 3,08 cm nos machos.

No entanto, para o conjunto da amostra foi na idade 4 que se observou maior variação de comprimento, com desvio-padrão de 5,73 cm.

Na amostra de Peniche nas fêmeas até 2 anos o comprimento médio aumenta com a idade mas nos 3 anos este valor decresce de 29.84 cm, aos 2 anos, para 28.46 cm aos 3. Apesar de na idade 4 haver novamente um aumento do crescimento médio para 34.30 cm, na idade 5 volta a diminuir para 31.60 cm. Nos machos, até aos 3 anos o crescimento médio acompanha a idade mas de seguida observa-se uma grande diminuição, 30.62 cm, aos 3 anos, para 26.20 cm, aos 4 anos (Tabela 4.6).

Tabela 4.6 – **Comprimento médio (Peniche)** - Valores médios (m) e desvio-padrão (dp) para a amostra de Peniche (2012); F+M (conjunto da amostra): n=110, Fêmeas: n=50, Machos: n=60.

Idade	Comprimento (cm)					
	F + M		Fêmeas		Machos	
	m	dp	m	dp	m	dp
0	18,24	0,78	18,36	0,55	18,18	0,87
1	24,86	1,77	24,25	1,39	25,62	1,94
2	28,69	3,26	29,84	3,76	28,21	3,08
3	29,46	2,84	28,46	2,64	30,62	2,70
4	30,25	5,73	34,30	0,00	26,20	0,00
5	31,60	0,00	31,60	0,00	0,00	0,00

b) Matosinhos:

O comprimento médio à idade para as fêmeas, os machos e o conjunto da amostra (F+M) de Matosinhos está representado nas Figuras 4.8a, 4.8b e 4.8c, respetivamente. Os valores médios com desvio-padrão podem ser consultados na Tabela 4.7. O comprimento médio à idade 7, nas fêmeas, tem desvio-padrão 0 porque houve apenas 1 indivíduo no grupo de idade.

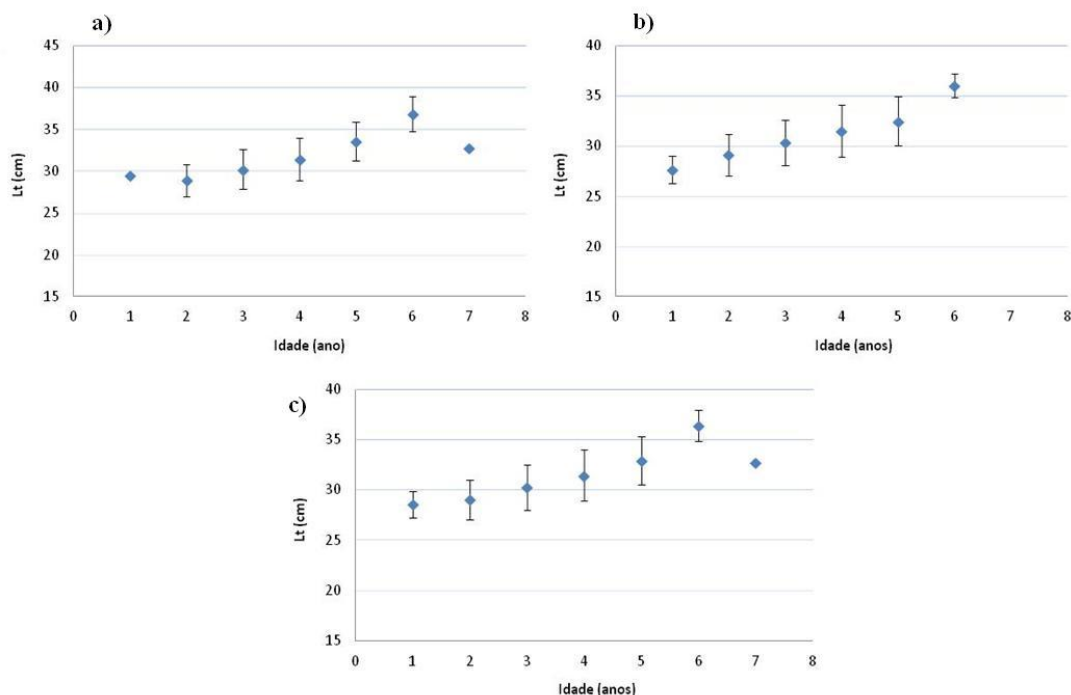


Figura 4.8 - **Comprimento médio (Matosinhos)** - (Lt) à idade com desvio-padrão para fêmeas (a), machos (b) e o conjunto da amostra (c) de Matosinhos (2015); Fêmeas: n=55, Machos: n=64, F+M (conjunto da amostra): n=119.

No conjunto da amostra e na sub-amostra das fêmeas, a idade 0 foi a que teve menor desvio-padrão, de 1,30 e 0,07, respetivamente; nos machos, a idade 6 foi a que teve menor desvio-padrão, de 1,18. Quanto ao comprimento médio, na amostra total, este mostra uma relação crescente com a idade, mas à idade 7 há uma diminuição do valor médio, de 36,40 cm aos 6 anos para 32,70 cm aos 7 anos. De forma geral, o desvio-padrão da amostra total, nas fêmeas e nos machos não foi muito variável, e em todos a idade que teve maior desvio-padrão foi a idade 4, de 2,52, 2,53 e 2,58, respetivamente.

Na amostra de Matosinhos as fêmeas apresentaram um comprimento médio à idade 1 de 29.45 cm, valor superior ao observado depois na idade 2, de 28.88 cm. No entanto, a partir da idade 2 os valores médios de comprimento acompanham a idade até aos 6 anos, com comprimento médio de 36.80 cm, mas à idade 7 há uma grande diminuição para os 32.70 cm. Nos machos verifica-se um padrão de crescimento constante uma vez que o comprimento médio aumenta gradualmente com a idade (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 – **Comprimento médio (Matosinhos)** - Valores médios (m) e desvio-padrão (dp) para a amostra de Matosinhos (2015); F+M (conjunto da amostra): n=119, Fêmeas: n=55, Machos: n=64.

Idade	Comprimento (cm)					
	F + M		Fêmeas		Machos	
	m	dp	m	dp	m	dp
1	28,55	1,30	29,45	0,07	27,65	1,34
2	29,04	1,98	28,88	1,87	29,10	2,10
3	30,27	2,26	30,19	2,38	30,34	2,23
4	31,46	2,52	31,44	2,53	31,48	2,58
5	32,92	2,38	33,56	2,32	32,47	2,44
6	36,40	1,58	36,80	2,10	36,00	1,18
7	32,70	0,00	32,70	0,00	0,00	0,00

4.7 - Modelo de von Bertalanffy:

Para a análise dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, da amostra de Peniche (2012), foi usada a idade dada pela leitora responsável pela leitura de idades da espécie no IPMA, em 2012. Para a análise dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, para a amostra de Matosinhos (2015), foi usada a idade modal estimada neste trabalho.

A parametrização de um modelo geral de crescimento foi obtida pelo ajuste de curvas de von Bertalanffy aos dados de comprimento e idade (Figura 4.9). Relativamente à amostra de Peniche, a comparação dos parâmetros das curvas entre fêmeas e machos e os parâmetros de uma curva geral de crescimento, indicou que as curvas são semelhantes, não existindo diferenças significativas entre parâmetros dois a dois, isto é as duas curvas têm todos os parâmetros semelhantes (P-value= 0.72; $\chi^2(1.33,3)$; df=3) (Tabela4.8).

Para a amostra de Matosinhos, não foi possível calcular os parâmetros do modelo de crescimento (Tabela 4.8).

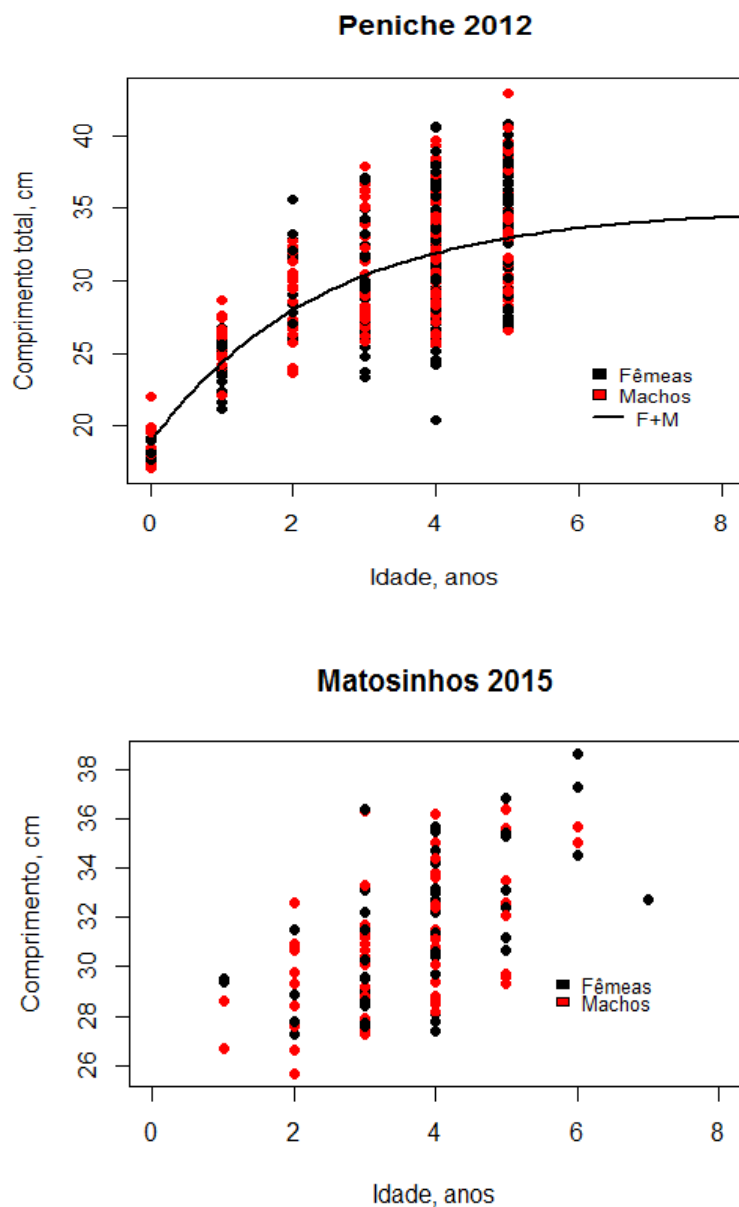


Figura 4.9 – **Modelo de von Bertalanffy** - Modelo de crescimento de von Bertalanffy para o conjunto dos dados (F+M), para fêmeas e machos das amostras de Peniche, 2012 (n=110) e Matosinhos, 2015 (n=119).

Tabela 4.8 – **Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy** - Parâmetros de crescimento de von Bertalanffy: comprimento médio assintótico (L_{∞}), coeficiente de crescimento corporal (K), coeficiente de determinação (R^2) e índice de performance de crescimento (ϕ'), calculados para o conjunto dos dados (F+M), para fêmeas (F) e machos (M), das amostras de Peniche e Matosinhos.

Zona	Sexo	L_{∞}	K	t_0	R^2	ϕ'
Peniche	F	31.14	0.65	-1.37	0.91	6.44
	M	30.94	0.86	-1.03	0.89	6.71
	T	30.99	0.76	-1.17	0.79	6.59
Matosinhos	F	×	×	×	×	×
	M	×	×	×	×	×
	T	×	×	×	×	×

5 – Discussão

Neste trabalho foi estudada a biologia do crescimento da Cavala na costa Portuguesa. Os indivíduos amostrados foram desembarcados nas lotas de Peniche e Matosinhos, em 2012 e 2015, respetivamente, por diferentes artes de pesca (Tabela 2.1). Foi observada a distribuição de comprimentos (Figura 4.1). Através dos dados biológicos foi determinada a regressão da relação peso-comprimento de ambas as amostras (Figura 4.2). De forma a validar a deposição dos anéis de crescimento realizou-se uma análise do padrão sazonal do tipo de bordo (Figura 4.3), a análise do IM (Figura 4.4) e a validação do primeiro *annulus* (Tabela 4.2). As idades dos otólitos foram lidas por quatro leitores e com estas foi feita uma análise de consistência de leituras onde se calculou a percentagem de concordância e coeficiente de variação das mesmas (Tabela 4.3; Figura 4.5). Através da moda das idades lidas nos otólitos foi possível obter as chaves de comprimento-idade (Tabela 4.4 – Peniche; Tabela 4.5 – Matosinhos) e o comprimento médio à idade (Tabela 4.6 – Peniche; Tabela 4.7 – Matosinhos). Os parâmetros de crescimento foram obtidos através do ajuste do modelo de von Bertalanffy (Figura 4.9; Tabela 4.8).

O comprimento total dos peixes amostrados neste trabalho variou entre 17 cm e 36 cm na amostra de Peniche, e 25 cm e 38 cm na amostra de Matosinhos. Neste estudo não foram encontrados indivíduos abaixo destes tamanhos. Este resultado pode estar relacionado com o tipo de arte de pesca e profundidade das amostragens, sendo que o tamanho da malha das redes não permite a captura de indivíduos de menores dimensões e os indivíduos maiores e mais velhos migram para zonas mais profundas à procura de alimento (Hunter e Kimbell, 1980; Perrota *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2002). No entanto, o principal fator para não terem sido encontrados indivíduos menores que 17 cm terá sido o tamanho mínimo de captura estipulado de 20 cm, o que leva a que estes indivíduos sejam rejeitados a bordo, e não sendo desembarcados na lota.

Foi observada a relação peso-comprimento, para ambos os sexos e o conjunto das amostras de Peniche e Matosinhos. Não foram encontradas diferenças significativas entre machos e fêmeas para ambas as amostras, sugerindo que os dois sexos apresentam padrões semelhantes de condição física. O fator de alometria (q) foi muito superior na amostra de Matosinhos em relação à amostra de Peniche e a exemplos da literatura, como por exemplo 0.0023 na Madeira (Vasconcelos *et al.*, 2011), 0.0049 nos Açores (Carvalho *et al.*, 2002) e 0.0061 a 0.0069 no Mar Egeu (Cengiz, 2012). O coeficiente de alometria (b), por outro lado, foi superior na amostra de Peniche. O coeficiente de correlação (R^2) foi muito próximo de 1 para as duas amostras indicando uma relação forte entre o crescimento em peso e crescimento em comprimento individual dos peixes.

Na análise do tipo de bordo (Figura 4.3a, b) e AIM (Figura 4.4) do otólito ao longo do ano para ambas as zonas, Peniche e Matosinhos, identificou-se a época de maior deposição de carbonato de cálcio, correspondente a um crescimento mais rápido do peixe, na primavera e verão. Esta observação é semelhante à de outros autores no Atlântico Norte (Lorenzo *et al.*, 1995; Carvalho *et al.*, 2002; Perrota *et al.*, 2005) e Mar Mediterrâneo (Kiparissis *et al.*, 2000). Este resultado deve-se às condições ambientais da região, com maior temperatura e disponibilidade de alimento nestas estações e coincidindo com o fim da época de reprodução, em que a energia corporal passa a estar mais disponível para o crescimento somático (Lorenzo *et al.*, 1995; Carvalho *et al.*, 2002; Vasconcelos *et al.*, 2012).

Os raios médios do primeiro *annulus* foram, na amostra de Peniche 1.5 mm e, na de Matosinhos, 1.3 mm (Tabela 4.2). Observou-se uma grande amplitude de desvio padrão em ambas, o que demonstra a variabilidade morfológica destes otólitos (Figura 4.6). Esta variabilidade sobre o raio do primeiro

anel de idade pode estar relacionada com as diferentes datas de nascimento de uma mesma época de reprodução. Desta forma, os indivíduos mais jovens, que nascem mais perto da época de crescimento lento, apresentam um primeiro raio menor que os indivíduos mais velhos nascidos nesse mesmo ano. Apesar deste resultado, é de salientar que estes indivíduos pertencem a coortes diferentes nascidas em épocas de reprodução diferentes e sujeitos a condições ambientais e de crescimento distintas, mas no entanto os valores médios do raio do primeiro anel foram relativamente constantes independentemente da idade das Cavalas. Sendo assim estes valores podem ser usados como referência na leitura de idades de Cavala, o que é uma mais valia tendo em conta a frequente presença de anéis falsos (A. Silva. *pers. comm.*) e a variabilidade morfológica observada nestes otólitos. Este resultado permitiu assim validar o primeiro anel nos otólitos *sagitta* de Cavala.

A análise de consistência de leituras entre leitores demonstrou a incerteza que existe na leitura de idades dos otólitos de Cavala, tendo sido obtido apenas 55,7% de concordância e 22,4% de coeficiente de variação. Este valor foi inferior ao observado noutros estudos (%C=96% em 2002 e %C=93% em 2003, por Vasconcelos *et al.*, 2011; %C=66% por Velasco *et al.*, 2011; %C=90.3% por Kiparissis *et al.*, 2000). Para além disso, os otólitos analisados e outros referentes à área em estudo (ICES, 2015) apresentaram frequentemente anéis falsos, principalmente no primeiro e segundo *annuli*.

Os resultados obtidos mostraram que o comprimento médio à idade diminuiu em certas idades, o que não é biologicamente realista. Esse facto dever-se-á não só a questões relacionadas com a amostragem, podendo, nessas idades, o número de indivíduos amostrados ter sido insuficiente e ter levado a um viés nas estimativas mas também poderá estar associada às dificuldades de leitura do otólito. Desta forma, é de notar, o elevado valor de desvio-padrão nas fêmeas de idade 2 da amostra de Peniche, sobrestimando o comprimento médio, e o facto de as idades 4 e 5 serem representadas por apenas um indivíduo cada, enviesando o resultado final (Tabela 4.6). Na amostra de Matosinhos os desvio-padrão não foram tão amplos (0.07 a 2.58), no entanto o baixo número de fêmeas às idades 1 e 7 (2 e 1, respetivamente) terá condicionado os resultados, sobrestimando no primeiro caso e subestimando no segundo os valores de comprimento médio à idade.

Em relação aos parâmetros de crescimento obtidos neste trabalho, não foi possível ajustar o modelo de von Bertalanffy para a amostra de Matosinhos. O comprimento médio assintótico (L_{∞}) obtido para a amostra de Peniche foi de 31.14 cm, 30.94 cm e 30.99 cm, para fêmeas, machos e o conjunto da amostra, respetivamente. O coeficiente de crescimento corporal (K), por sua vez foi mais elevado do que os referidos na literatura para o Atlântico Norte e Mar Mediterrâneo, resultado espetável uma vez que o L_{∞} foi inferior. A amostra de Peniche obteve um K de 0.65 para fêmeas, 0.86 para machos e 0.76 para o conjunto da amostra (Figura 4.9; Tabela 4.8). Estes L_{∞} foram muito inferiores ao descrito na literatura para outras zonas do Atlântico Norte e Mar Mediterrâneo. Nos Açores foi obtido, para fêmeas e machos, um L_{∞} de 57.52 cm e na Madeira de 56.49 cm, 50.20 cm e 50.08 cm, para fêmeas, machos e conjunto da amostra, respetivamente (Carvalho *et al.*, 2002; Vasconcelos *et al.*, 2011). Nas Ilhas Canárias o L_{∞} foi de 49.2 cm e no Golfo de Cádiz de 43 cm (Lorenzo *et al.*, 1995; Velasco *et al.*, 2011). No Mar Mediterrâneo foram identificados L_{∞} de 44.23 cm, 39 cm e 40 cm, no Mar da Catalunha, no Mar Egeu e no Mar de Alboran, respetivamente (Perrota *et al.*, 2005; Cengiz *et al.*, 2012; Velasco *et al.*, 2011). Os baixos valores de L_{∞} obtidos neste trabalho, comparativamente a outros resultados reportados na literatura, pode dever-se à sobrestimação da idade lida nos otólitos devido à presença frequente de anéis falsos, a diferentes critérios na atribuição da idade ou a diferentes condições ambientais que influenciam o crescimento individual nas várias regiões. No entanto, o principal fator que poderá ter influenciado este resultado terá sido as amostras usadas não terem contido indivíduos de tamanhos menores e maiores (como foi referido acima) o que pode ter condicionado o ajuste do modelo. Apesar de a variabilidade existente nos parâmetros de

crescimento em função das várias regiões geográficas ser em parte devida à influência que os fatores ambientais têm no crescimento dos indivíduos (Schaefer, 1986; Carvalho *et al.*, 2002), a presença de indivíduos até 42 cm nas amostras deste estudo sugere que os L_{∞} obtidos terão sido subestimados. Os resultados obtidos mostram que não houve diferenças significativas nas estimativas dos parâmetros de crescimento dentre machos e fêmeas, sugerindo que os dois sexos têm um padrão de crescimento muito semelhante estando de acordo com o referido noutros estudos (Kiparissis *et al.*, 2000).

A Cavala, apesar de ser uma espécie de grande importância comercial em Portugal, ainda não está sujeita a avaliação e gestão. Vários recursos pesqueiros são regularmente avaliados através de modelos de avaliação baseados em idades que acompanham a evolução das coortes ao longo do tempo. Por essa razão, a correta determinação das idades é fundamental. Com este trabalho espera-se que a validação do primeiro *annulus* e a confirmação do padrão anual de deposição dos anéis de crescimento venha a contribuir para uma mais correta leitura de idades. De igual modo, o conhecimento da biologia do crescimento através da relação peso-crescimento e modelo de von Bertalanffy permite uma melhor implementação de estratégias de amostragem que permita conhecer, o mais acuradamente possível, o estado das populações de Cavala.

Tendo em conta os resultados obtidos, haverá necessidade de completar essas informações com amostras mais representativas da estrutura etária e de tamanhos na população, aplicar o estudo a diferentes áreas de modo a compará-las (por exemplo zonas norte, centro, sudoeste e sul), comparar os dados de diferentes anos de forma a perceber as tendências de dinâmica populacional, e relacionar os resultados obtidos com parâmetros ambientais para perceber como influenciam a biologia da espécie e evolução das coortes ao longo do tempo.

6 - Referências Bibliográficas:

Beckman, D. W.; Wilson, C. A. (1995). Seasonal timing of opaque zone formation in fish otoliths. Pages 27-44 in Secor, D.H., Dean, J.M., Campana, S.E. Recent Developments in Fish Otolith Research. University of South Carolina Press, Columbia.

Borges, T. C.; Erzini, K.; Bentes, L.; Costa, M. E.; Goncalves, J. M. S.; Lino, P. G.; Pais, C.; Ribeiro, J. (2001). By-catch and discarding practices in five Algarve (southern Portugal) meotiers. Journal of Applied Ichthyology, 17, 104-114.

Campana, S. E.; Neilson, J. D. (1985). Microstructure of fish otoliths. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42: 1014-1032.

Carvalho, N.; Perrota, R. G.; Isidro, E. (2002). Age, growth and maturity in chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) from the Azores. Arquipélago. Life and Marine Sciences. 19A: 93-99.

Castro, J. J. (1993). Feeding ecology of chub mackerel *Scomber japonicus* in the Canary Islands area, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar. Apartado 550. S. Afr. J. mar. Sci. 13: 323-328.

Catanese, G.; Manchado, M.; Infante, C. (2010). Evolutionary relatedness of mackerels of the genus *Scomber* based on complete mitochondrial genomes: Strong support to the recognition of Atlantic *Scomber colias* and Pacific *Scomber japonicus* as distinct species. Gene 452 (2010) 35-43.

Cengiz, O. (2012). Age, Growth, Mortality and Reproduction of the Chub Mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) from Saros Bay (Northern Aegean Sea, Turkey). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 12: 799-809 (2012).

Čikeš Keč, V.; Zorica, B. (2012). The reproductive traits of *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) in the Eastern Adriatic Sea. Split, Croatia. J. Appl. Ichthyol. 28 (2012), 15-21.

DGRM (2016). Datapescas difusão, Janeiro a Setembro 2016, nº111.

Eltink, A.T.G.W. 2000. Age reading comparisons. (MS Excel workbook version 1.0 October 2000) Internet: <http://www.efan.no>

FAO (2000), Castro Hernández, J.J.; Santana Ortega, A.T. Synopsis of biological data on the chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782). FAO Fisheries Synopsis. No. 157. Rome, FAO. 2000. 77p.

Fátima, W.; Tojo, N.; Ramzi, A.; Somoue, L.; Manchih, K.; Errhif, A. (2015). Seasonal and size-dependent variability in diet of *Scomber colias* (Gmelin, 1789) of the Atlantic Coast of the Northwest Africa. International Journal of Advanced Research (2015), Volume 3, Issue 12, 485 – 497.

Gonçalves, J.; Bentes, L.; Monteiro, P.; Coelho, R.; Corado, M.; Erzini, K. (2008). Reducing discards in a demersal purse-seine fishery. Aquat Living Resour 21:135-144.

Hunter, J. R.; Kimbrell, C. A. (1980); Early life history of pacific mackerel, *Scomber japonicas*. Southwest, Fisheries Center La Jolla Laboratory, National Marine Fisheries Service, NOAA, P.O. Box 271, La Jolla, CA 92038. Fisherybulletin: vol. 78, no. 1.

ICES (2015). Workshop on age reading of chub mackerel (*Scomber colias*, Gmelin 1789) (WKARCM), Lisbon, Portugal. International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 2-6 November 2015, Lisbon, Portugal. ICES CM 2015\SSGEIOM:11, 81 pp.

Infante, C.; Blanco, E.; Zuasti, E.; Crespo, A.; Manchado, M. (2007). Phylogenetic differentiation between Atlantic *Scomber colias* and Pacific *Scomber japonicus* based on nuclear DNA sequences. *Genetica* (2007) 130:1–8.

Kimura, D.K. (1980). Likelihood methods for the Von Bertalanffy growth curve. *Fish. Bull.* 77: 765-776.

Kiparissis, S.; Tserpes, G.; Tsimenidis, N. (2000). Aspects on the demography of Chub Mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) in the Hellenic Seas. *Belg. J. Zool.*, 130 (supplement 1): 3-7.

Lorenzo, J. M.; Pajuelo, J. G.; Ramos, A. G. (1995). Growth of the Chub Mackerel *Scomber japonicus* (Pisces: *Scombridae*) off the Canary Island. *Sci. Mar.* 59 (3-4): 287 – 291.

Lubzens, E.; Young, G.; Bobe, J.; Cerdà, J. (2009). Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed. . *Gen. Comp. Endocrinol.* (2009), doi:10.1016/j.ygcen.2009.05.022

Martins, M. M.; Cardador, F. (1996). Abundance and distribution pattern of Spanish Mackerel (*Scomber japonicus*) and Mackerel (*Scomber scombrus*) in the Portuguese continental waters (ICES DIV. IXa). Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, Av. Brasília 1400, Lisboa, Portugal. Pelagic Fish Committee, C.M.1996/H:24, ICES, 1996.

Martins, M. M. A. B. (1998). As populações do género *Scomber*: sarda (*S. scombrus* L., 1758) e cavala (*S. japonicus*, H., 1782), Biologia e estado de conservação destes recursos nas áreas de distribuição do Atlântico Nordeste. Instituto Português da Pescas e do Mar. Lisboa, julho de 1998.

Martins, M. M.; Skagen, D.; Marques, V.; Zwolinski, J.; Silva, A. (2013). Changes in the abundance and spatial distribution of the Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) in the pelagic ecosystem and fisheries off Portugal, *Scientia Marina* 77(4) December 2013, 551-563, Barcelona (Spain).

Navarro, M. R.; Villamor, B.; Myklevoll, S.; Gil, J.; Abaunza, J.; Candura, J. (2012). Maximum size of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) and Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) in the Northeast Atlantic. *Cybius* 2012, 36(2): 406-408.

Perrota, R. G.; Viñas, M. D.; Hernandez, D. R.; Tringali, L. (2001). Temperature conditions in the Argentine chub mackerel (*Scomber japonicus*) fishing ground: implications for fishery management. *Fish. Oceanogr.* 10:3, 275±283, 2001.

Perrota, R. G.; Carvalho, N.; Isidro, E. (2005). Comparative study on growth of chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) from three different regions: NW Mediterranean, NE and SW Atlantic. *Invest. Desarr. Pesq.* Nº17: 67-79. Reviewed distribution maps for *Scomber colias* (Atlantic chub mackerel), with modelled year 2100 native range map based on IPCC A2 emissions scenario. www.aquamaps.org, version of Aug. 2016. Web. Accessed 22 May. 2017.

Sanches, J. G. (1992). Guia para identificação do pescado de Portugal submetido a tamanho mínimo de captura. Publicações avulsas do INIP, 18, 272p.

Schaefer, K. M. (1986). Lethal temperatures and the effect of temperature change on volitional swimming speeds of Chub Mackerel, *Scomber japonicus*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH). Copeia , Vol. 1986, No. 1 (Feb. 10, 1986), pp. 39-44.

Shiraishi, T.; Okamoto, K.; Yoneda, M.; Sakai, T.; Ohshimo, S.; Onoe, S.; Yamaguchi, A.; Matsuyama, M. (2008). Age validation, growth and annual reproductive cycle of chub mackerel *Scomber japonicus* off the waters of northern Kyushu and in the East China Sea. Fisheries science 2008; 74: 947–954.

Vasconcelos, J.; Dias, M. A.; Faria, F. (2011). Age and growth of the Atlantic chub mackerel *Scomber colias* Gmelin, 1789 off Madeira Island. Arquipelago. Life and Marine Sciences 28:57-70.

Vasconcelos, J.; Afonso-Dias, M.; Faria, G. (2012). Atlantic chub mackerel (*Scomber colias*) spawning season, size and age at first maturity in Madeira waters. Arquipelago. Life and Marine Sciences 29: 43-51.

Velasco, E., M.; Arbol, J. D.; Baro, J.; Sobrino, I. (2011). Age and growth of the Spanish chub mackerel *Scomber colias* off southern Spain: a comparison between samples from the NE Atlantic and the SW Mediterranean. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 46, Nº1: 27-34, abril 2011.

Volpedo, A. V.; Vaz-dos-Santos, A. M. (2015). Métodos de estudos com otólitos: princípios y aplicaciones, Métodos de estudos com otólitos: princípios e aplicações. 1a ed. edición bilingüe. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires , 2015. ISBN 978-987-33-8884-2.

Zardoya, R.; Castilho, R.; Grande, C.; Favre-Krey, L.; Caetano, S.; Marcato, S.; Krey, G.; Patarnellos, T. (2004). Differential population structuring of two closely related fish species, the mackerel (*Scomber scombrus*) and the chub mackerel (*Scomber japonicus*), in the Mediterranean Sea. Molecular Ecology (2004) 13, 1785–1798.